



PASADENA'S BEAUTIFUL PORTAL, COLORADO STREET BRIDGE, BUILT IN 1913, AND JUSTLY REGARDED AS ONE OF THE MOST ARTISTIC STRUCTURES OF THE KIND IN THIS COUNTRY.

GRANDES VOÛTES

GRANDES VOÛTES

PAR

Paul SÉJOURNÉ

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES
INGÉNIEUR EN CHEF DU SERVICE DE LA CONSTRUCTION
DE LA COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE
PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

TOME I

1RE PARTIE — VOÛTES INARTICULÉES

LIVRE I. — DESCRIPTION DES PONTS QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES DE 40m ET PLUS DE PORTÉE

PLEINS CINTRES ET ELLIPSES

BOURGES
IMPRIMERIE Vve TARDY-PIGELET ET FILS
15, RUE JOYEUSE, 15

—

1913

A MA MÈRE,

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

AVANT-PROPOS

Est rerum omnium magister usus.
César. Bell. Civ., II, 8.

On fait une voûte d'après les voûtes faites : c'est affaire d'expérience.

Je présente d'abord la description et l'histoire des ponts qui ont — ou avaient — des arches de 40^m et plus de portée, en maçonnerie et en béton, inarticulées et articulées.

C'est un inventaire des grandes voûtes en 1912 : dans les répertoires, il y a place pour le tenir à jour.

Puis viennent les enseignements que donnent ces ponts, — et les autres.

L'Ingénieur chargé de projeter, de construire une voûte, trouvera dans cet ouvrage ce qui a été fait, ce qu'il faut faire, ce qu'il ne faut pas faire.

AVERTISSEMENT

DIVISIONS DE L'OUVRAGE

CLASSEMENT DES PONTS EN SÉRIES ET DANS CHAQUE SÉRIE PAR DATE

TABLEAUX SYNOPTIQUES — MONOGRAPHIES

SUITE, DANS CHAQUE MONOGRAPHIE,

DE FIGURES, PLANCHES, PHOTOGRAPHIES, RENVOIS, SOURCES.

DÉSIGNATION ABRÉGÉE DES MATÉRIAUX

UNITÉS AUXQUELLES ON RAPPORTE LES QUANTITÉS ET DÉPENSES

1. Divisions de l'ouvrage. — Cet ouvrage est ainsi divisé :

1re Partie : Voûtes inarticulées [1]. — Ce sont les voûtes ordinaires, ainsi qualifiées par opposition aux voûtes articulées.

2e Partie : Voûtes articulées.

3e Partie : Ce que l'expérience enseigne de commun à toutes les voûtes.

Appendice : Pratique des voûtes. — Instructions pour projeter et construire. — Ouvrages courants, Viaducs..... — Répertoires. — Tables numériques.....

Dans les 1re et 2e Parties, sont décrits les ponts qui ont — ou qui avaient — des voûtes de 40 m et plus de portée.

2. Classement des Ponts en séries. — J'ai classé par intrados les voûtes inarticulées, par type d'articulation les voûtes articulées.

Ce classement sera détaillé et justifié plus loin.

3. Classement dans chaque série par date d'exécution. — Dans chaque série, les ouvrages sont classés par date. On voit ainsi ce qui, dans un pont, est emprunté à un plus ancien.

4. Tableaux synoptiques. — Monographies. — Les dispositions comparables des ouvrages d'une série sont rapprochées dans des tableaux synoptiques : ainsi groupées, elles instruisent.

1. — On les a quelquefois dites « encastrées » : à proprement parler, elles ne le sont pas.
En histoire naturelle, ce qui n'a pas d'articulation est justement qualifié « inarticulé ».

Viennent ensuite les monographies de chaque ouvrage : on y trouvera ce qui lui est spécial, description, histoire, dessins, photographies.

Pour tous les ponts, on a donné une élévation à la même échelle, 2^{mm}, de l'arche ou des arches de 40^{m} et plus.

Autant qu'on l'a pu, en restant clair, on n'a donné qu'une seule fois chaque indication, soit dans les tableaux synoptiques, soit dans la monographie, soit dans les dessins.

5. Suite, dans chaque monographie, de figures, planches, photographies, renvois, sources.

— Chaque ouvrage a sa suite :

de figures : f_1 f_2.... ;

de planches : Pl_1 Pl_2..... ;

de photographies : Φ_1 Φ_2...... ;

de renvois au bas des pages : ^{1}, ^{2}.... ;

de sources : S_1 S_2.... indiquées à la fin de chaque monographie, quelquefois subdivisées : S'_1, S''_1.....[2].

6. Désignation abrégée des matériaux aux tableaux synoptiques et aux dessins.

Béton				B
Moellons ordinaires	employés en blocage sans préparation spéciale			MO
	choisis (c'est-à-dire avec sujétion)	employés en parement	à joints incertains	MOI
			grossièrement disposés par assises horizontales.	MOH
		employés en voûte	méplats, lités, prolongeant, soit chaque lit de douelle, soit un lit sur 2, sur 3.	MOV
Matériaux à face rectangulaire, les 4 arêtes dans un même plan	Moellons équarris[3]	»		ME
		taillés en voussoirs, lits pleins prolongeant exactement ceux de douelle. Joints et face de queue en partie pleins.		MEV
	Moellons d'appareil[4]	Dimensions imposées	»	MA
			taillés en voussoirs, lits et joints pleins.	MAV
	Libages	Pierre de taille de grand appareil grossièrement équarrie.		L
	Pierre de taille	Blocs appareillés sur les 6 faces. Toutes les dimensions imposées.		PT
	Briques			Br

2. — On peut ainsi contrôler et apprécier les renseignements donnés.

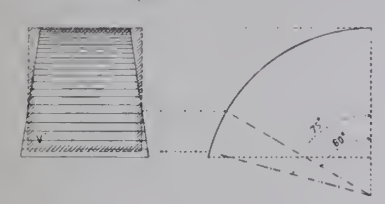
3. — Synonyme : Moellons têtués.

4. — Synonyme : Moellons smillés.

7. Unités adoptées pour comparer les quantités et dépenses.

A. — *Cintres.* — Dans la colonne 14 des Tableaux synoptiques, on a rapporté le cube de bois, le poids de fer et la dépense, au mètre carré de douelle d'une voûte V' à tympans verticaux, exigeant le même cintre.

La largeur uniforme de V' est celle de la voûte considérée :



au joint à 60° de la verticale pour les pleins cintres, les ellipses et les arcs de plus de 120° ;

aux naissances, pour les arcs de moins de 120° ;

c'est-à-dire, pour toutes les voûtes, au joint à partir duquel les voussoirs cessent de pouvoir être soutenus en faisant simplement déborder les couchis.

Comme il convient que les vaux se prolongent jusqu'à l'angle de 75°, on a pris pour surface de douelle celle de la voûte théorique V' :

à partir des angles de 75° pour les ellipses, pleins cintres, arcs de cercle de plus de 150° ;
à partir des naissances pour les arcs de cercle surbaissés de moins de 150°.

B. — *Ouvrage.* — La surface offerte à la circulation, S_p est le produit :

$$S_p = \begin{pmatrix}\text{Longueur totale entre les abouts}\\ \text{des parapets donnée colonne 2}\end{pmatrix} \times \begin{pmatrix}\text{Largeur disponible entre parapets}\\ \text{donnée colonne 3}\end{pmatrix}$$

S_p mesure l'utilité de l'ouvrage.

Soit S_e la surface vue d'élévation entre la voie portée, les murs en aile ou quarts de cône et le terrain naturel ;

Je considère le volume $W = S_e \times$ (Largeur disponible entre parapets).

C'est le volume d'un mur plein ayant même surface d'élévation vue et même largeur utile que l'ouvrage. — Convenons de l'appeler le volume « utile ».

Soient Q et D le cube de maçonnerie de l'ouvrage et sa dépense.

$Q : S_p$ est le cube de maçonnerie à mortier par m. q. de surface horizontale utile. C'est l'épaisseur d'une dalle en maçonnerie de même cube que l'ouvrage et qui aurait même longueur et même largeur utile.

$Q : W$ est le cube de maçonnerie à mortier par m. c. de volume « utile ».

$D : S_p$ est le prix du m. q. de surface offerte à la circulation.

$D : W$ est le prix du m. c. de volume « utile ».

Toutes ces quantités sont données à la colonne 18 des Tableaux synoptiques.

Quand les fondations sont très au-dessus de la vallée, on a donné de plus les rapports $Q : W'$, $D : W'$.

$W' = (S'_e$, Surface d'élévation au-dessus des fondations$) \times$ (Largeur disponible entre parapets).

W' est le volume « utile » au-dessus des fondations.

Ire PARTIE

VOÛTES INARTICULÉES

PRÉLIMINAIRES

GROUPEMENT EN SÉRIES DES PONTS A VOÛTES INARTICULÉES

LIVRE I

DESCRIPTION DES PONTS
QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES
DE 40m ET PLUS DE PORTÉE

LIVRE II

CE QUE L'EXPÉRIENCE ENSEIGNE
DE SPÉCIAL AUX VOÛTES INARTICULÉES

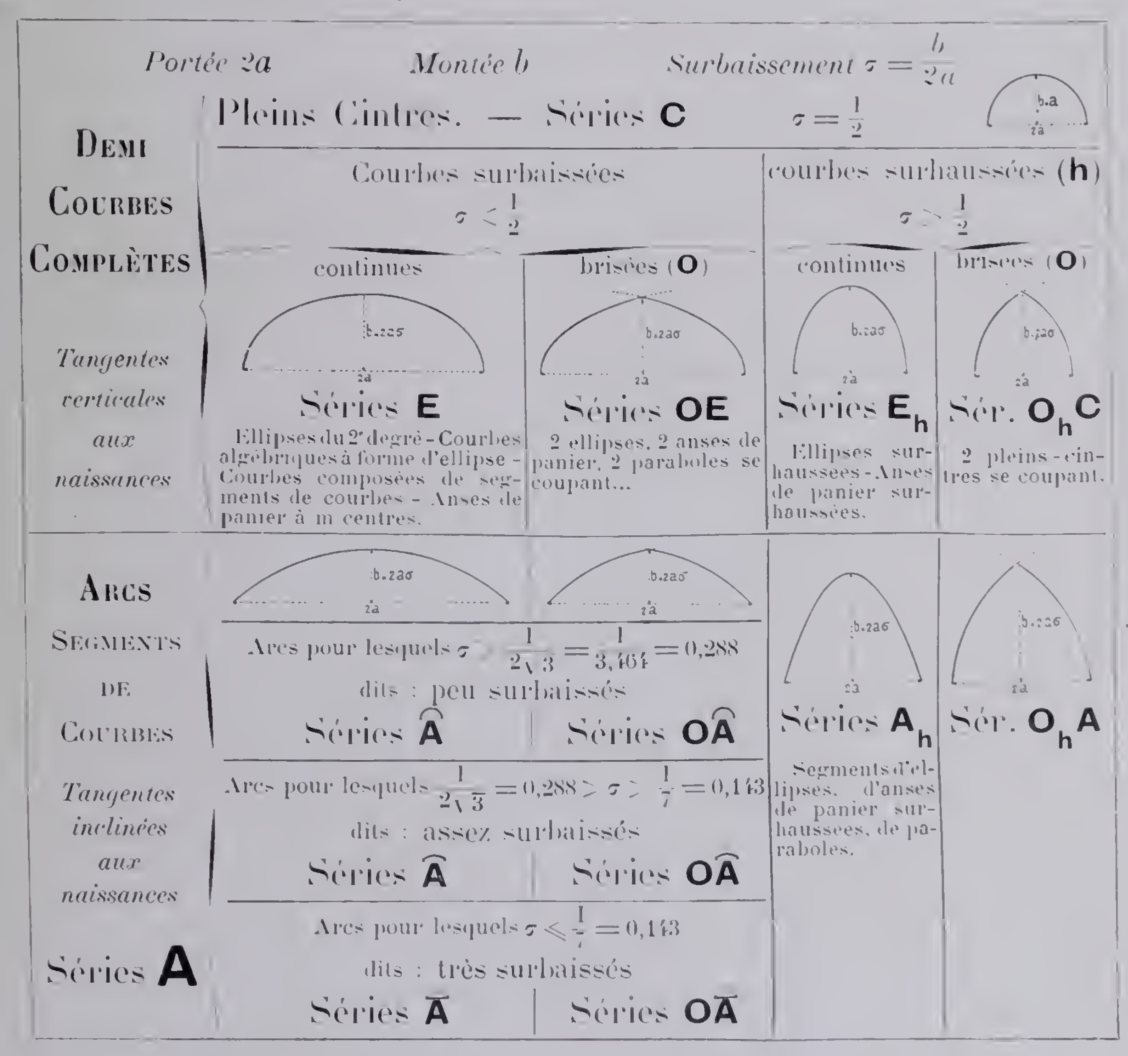
PRÉLIMINAIRES

GROUPEMENT EN SÉRIES DES PONTS A VOÛTES INARTICULÉES
SÉRIES PAR INTRADOS — SYMBOLES
PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE ET PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES
SÉRIES PAR VOIE PORTÉE — PONTS EN DEUX ANNEAUX
PONTS AYANT UNE VOÛTE OU DES VOÛTES DE 40^m OU PLUS DE PORTÉE
EXEMPLES : SENS DE QUELQUES SYMBOLES

1. Groupement en séries des ponts à voûtes inarticulées. — On a rapproché, dans les mêmes séries, les Ponts qui ont les mêmes caractères principaux : intrados, — une seule grande arche ou plusieurs grandes arches, — voie portée.

2. Séries par intrados. — Symboles. — Le caractère dominateur, celui qui classe tout d'abord les voûtes inarticulées, c'est la forme de l'intrados.

Voici le classement adopté :



3. Ponts à une seule grande arche et ponts à plusieurs grandes arches. — On traite de façon fort différente un ouvrage à une seule grande arche ou à plusieurs grandes arches.

De plus, la surcharge ne déforme pas également une voûte unique retombant sur deux culées et la même voûte butant contre deux piles.

On a donc distingué les ponts à une seule grande arche : $\mathbf{C}^1$, $\mathbf{E}^1$, $\widehat{\mathbf{A}}^1$, $\overset{\frown}{\mathbf{A}}^1$, $\overline{\mathbf{A}}^1$, ... et les ponts à plusieurs : $\mathbf{C}^n$, $\mathbf{E}^n$, $\widehat{\mathbf{A}}^n$, $\overset{\frown}{\mathbf{A}}^n$, $\overline{\mathbf{A}}^n$, ...

4. Séries par voie portée. — Le travail des voûtes, par conséquent leur épaisseur, dépend de ce qui passe dessus.

On distinguera donc :

les Ponts-route : $\mathbf{C}$ r^{te}, $\mathbf{E}$ r^{te}, $\mathbf{A}$ r^{te}, ...

les Ponts sous chemin de fer à voie normale : $\mathbf{C}$ F^{r}, $\mathbf{E}$ F^{r}, $\mathbf{A}$ F^{r}, ...

les Ponts sous chemin de fer à voie étroite : $\mathbf{C}$ f^{r}, $\mathbf{E}$ f^{r}, $\mathbf{A}$ f^{r}, ...

les Ponts-aqueducs : $\mathbf{C}$ aq, $\mathbf{E}$ aq, ...

....

5. Ponts en deux anneaux. — Par économie, on a récemment, pour de larges ponts de ville, porté la chaussée sur deux minces anneaux, un à chaque tête.

Les voûtes seront désignées comme précédemment, mais en doublant la lettre de l'intrados, par exemple : $\widehat{\mathbf{A}}^1\,\widehat{\mathbf{A}}^1$ r^{te}....

6. Ponts ayant une voûte ou des voûtes de 40^{m} ou plus de portée. — Les symboles seront suivis de l'indication : $\geqslant 40^{\text{m}}$.

7. Exemples : Sens de quelques symboles.

$$\widehat{\mathbf{A}}^1 \text{ f}^{\text{r}} (\geqslant 40^{\text{m}})3$$

désigne un ouvrage en arc $(\mathbf{A})$ à une seule grande arche $(\mathbf{A}^1)$; — assez surbaissé, c'est-à-dire de surbaissement compris entre $\frac{1}{2\sqrt{3}}$ et $\frac{1}{7}$ $(\widehat{\mathbf{A}})$; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous $\mathbf{A}$) ; — sous voie étroite (f^{r}) ; — de portée de 40^{m} ou plus ($\geqslant 40^{\text{m}}$) : — le 3e par ordre chronologique de la série $\widehat{\mathbf{A}}^1$ f^{r} ($\geqslant 40^{\text{m}}$).

$$\mathbf{E}^n \text{ F}^{\text{r}} (\geqslant 40^{\text{m}})2$$

désigne un pont en ellipse $(\mathbf{E})$ à plusieurs grandes arches $(\mathbf{E}^n)$; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous $\mathbf{E}$) : — sous chemin de fer à voie normale (F^{r}) ; — de portée de 40^{m} ou plus ($\geqslant 40^{\text{m}}$) ; — le 2e, par date, de la série $\mathbf{E}^n$ F^{r} ($\geqslant 40^{\text{m}}$).

$$\widehat{\mathbf{A}}^1\,\widehat{\mathbf{A}}^1 \text{ r}^{\text{te}} (\geqslant 40^{\text{m}})2$$

désigne un pont à deux anneaux en arc $(\mathbf{A}\,\mathbf{A})$, chacun à une seule grande arche $(\mathbf{A}^1\,\mathbf{A}^1)$, de surbaissement $\tau = \frac{1}{2\sqrt{3}}$ $(\widehat{\mathbf{A}}^1\,\widehat{\mathbf{A}}^1)$; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous $\mathbf{A}\,\mathbf{A}$) ; — sous route (r^{te}) : — de portée de 40^{m} ou plus ($\geqslant 40^{\text{m}}$) ; — le 2e, par date, de la série $\widehat{\mathbf{A}}^1\,\widehat{\mathbf{A}}^1$ r^{te} ($\geqslant 40^{\text{m}}$).

LIVRE I

DESCRIPTION DES PONTS

QUI ONT OU AVAIENT

DES

VOÛTES INARTICULÉES

DE 40^m ET PLUS DE PORTÉE

TABLEAUX SYNOPTIQUES

MONOGRAPHIES

VOÛTES INARTICULÉES

EN

PLEIN CINTRE

C

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS ROUTE

Série $C^{1} r^{te}$ ([illegible] 40^{m})

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets *entre tympans* *sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDE VOÛTE Portée	ÉPAISSEURS CORPS Clef *Milieu de la montée*	TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Céret** (Vieux Pont) *France* 1321-1339 $C^1r^{le}(\geq 40^m)^1$	» 51mm 53mm RG RD 24m	3^m50 *$1^m,00$* Pas de fruit »	**$45^m,45$**	**$1^m,30$** *$1^m,46$*	$1^m,30$ *$1^m,46$* *à 60°*	Bandeaux : PT [1] calcaire Douelle : ME [1]		1° 2 voûtes transversales vues en arc de 8^m10 2° »
de **Vieille-Brioude** (Pont actuel) *France* 1824-1831 $C^1r^{le}(\geq 40^m)^2$	*$70^m,85$* 10mm 10mm 26m	$6^m,70$ *$7^m,50$* » 0^m60	**$45^m,00$**	**$1^m,50$** *Épaisseur uniforme*	$1^m,80$ *Épaisseur uniforme*	Bandeaux : *(Lave de Volvic)* PT [1] queues 1^m40 et 0^m94 Douelle : *(Lave de Volvic)* PT [1] Épaisseur uniforme 1^m50		
de **Saint-Sauveur** *France* 1860-1861 $C^1r^{te}(\geq 40^m)^3$	*$66^m,20$* Arc de cercle convexe vers le ciel 65^m50	$6^m,20$ *$1^m,90$* Pas de fruit 2^m25	**$42^m,00$**	**$1^m,45$** *$2^m,05$*	*Épaisseur uniforme*	Bandeaux : PT [1] Douelle et Queutage : MOV [1] lames de schiste tirants en fer entre têtes 5 chaines de PT dans la voûte *Ciment de Vassy*		1° 2 voûtes longitudinales cachées 2° »
de **Collonges** *France* 1869 - 1873 $C^1r^{le}(\geq 40^m)^4$	*$99^m,40$* 5mm 5mm 26^m20 (étiage)	$7^m,05$ *$7^m,00$* Pas de fruit 1^m06	**$40^m,00$**	**$1^m,90$** *$3^m,80$*	$1^m,80$ *2^m30* *à 0°*	Bandeaux et Douelle : PT [1] Queutage : Cerveau : PT [1] le reste : MOV [1] *Chaux de Virieu*		1° une seule voûte longitudinale en plein cintre de 4^m 2° »

1 — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE $C_{r^{le}}^{1}$ (< 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4].
FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg $0^{m}01^{2}$ *Procédé*	GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t_v après t''_v	
10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Retroussé soutenu 4 cours d'arbalétriers fléchis (Type Neuilly) » »	5 *10cm* » *200mm*	Partie retroussée 589mc Échafaudage la soutenant 44mc Cube total de bois 633mc » »	1mc,43 » »				D = 580 000f D : S_p = 1221f,8 D : W = 48f,9
	Retroussé puis soutenu Grands arbalétriers » Vérins	4 *30cm* 1m 57 »	Cintre seul 338mc 3800k 42706f Cintre et Échafaudage 611mc 7000k 86027f	 1mc,23 13k,8 155f,6 2mc,23 25k,5 313f,4		Tympans élevés jusqu'au niveau du joint à 60° de la clef *30 jours* 16 décembre	t''_v < 5mm	Q = 2852mc Q : S_p = 6mc 95 Q : W = 0mc 17 Q : W' = 0mc 31 [5] D = 318 637f D : S_p = 776f,3 D : W = 19f,6 D : W' = 34f,9 [5] D : Q = 111f,7
Rive droite *Rocher calcaire apparent* » » » Rive gauche *Gravier* – 6m » *Air comprimé*	Retroussé sur 34m Grands arbalétriers » Boites à sable	6 *30cm* 1m 34 »	362mc 7218k 45000f	0mc,99 19k,7 122f,7 (par mc. de bois : 104f,6)				Q = 7337mc Q : S_p = 10mc 75 Q : W = 0mc 58 D = 465 362f D : S_p = 664f D : W = 35f,7 D : Q = 61f,7

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — B.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au dessus du sol ou de l'étiage	PROJET — ENSEMBLE Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDE VOÛTE Portée	ÉPAISSEURS — CORPS Clef { *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES { Clef / *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en $kg / \overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DECORATION DES TETES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Brent** *Suisse* 1899–1900 $C^1 r^{te} (< 40^m)^5$	*111m,65* 7mm env. 7mm env. 24m	{ 8m,20 / 7m,25 » 2m	44m,00	{ 1m,30 / *2m,60*	{ 1m,30 / *2m,60 à 60°*	Bandeaux : MA [1] Calcaire, léger bossage Douelle : ME [1] Calcaire, surface plate Queutage : ME [1] *Jusqu'à 60° de la clef chaux 350k au-dessus : ciment 400k*	Pression moyenne clef : 13k *Méry*	1° 6 voûtes transversales vues en plein-cintre de 4m 2 de 2m55 masquées par les pilastres 2° »

1 Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6

SÉRIE C r[le] (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

EXECUTION									CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D
FONDATIONS	GRANDE VOÛTE								
	CINTRE				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF		
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses						
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg $0^m\overline{01}^2$ *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v		Totaux et par unité de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4].
10	11	12	13	14	15	16	17		18
Moraine glaciaire » Pression moyenne 9k *Beton à sec*	Fixe type Lavaur Boites à sable	6 2,5cm 1m 50 »	320mc 4000k 28000f	0mc,77 9k 6 67f,0 par mc. de bois : 87f,5	A partir de 60° de la clef : 2 rouleaux 4 tronçons				D = 163 000f D : S_p = 178f D : W = 10f,4

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.

3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. [illegible]) = C'est la surface offerte à la circulation

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE C' r^te ([illegible] 40m)

MONOGRAPHIES

VIEUX PONT SUR LE TECH A 1km AU NORD DE CÉRET *(PYRÉNÉES-ORles)*

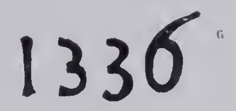
Route de Perpignan à Prats de Molló [1]

1321–1339 **C'** r^te ([illegible] 40m) 1

1. Dates. — 1321. — Le 3e jour des nones de septembre (3 septembre) 1321, Arnaud Battle, sacristain de l'église Saint-Pierre de Céret, et frère Raymond de Saint-Paul, commandeur de l'hôpital de Céret, « *operarii* [2] *et procuratores* [3] *operis pontis qui inceptus est et operatur in flumine Techi* », les Consuls de Céret, et 3 Anciens de Céret reçoivent du Consul de Prats-de-Molló une somme de 15 livres Barcelonaises, données « *amore Dei* » par cette commune « *dicto operi* « *dicti pontis* » (S_1).

1326 [4], — 1334 [5]. — Des sommes sont léguées à l'œuvre du pont de Céret.

1336. — Sur la face aval de la culée rive droite, à 0m40 de l'arête, à 0m46 au-dessus du sol, est gravée la date :



[6]

L'a-t-elle été en 1336 ?

1. Actuellement Route Nationale n° 115.

2. « *Maistres de l'oeuvre* » (Du Cange) : Membres de la Fabrique du Pont.

3. « *Procureurs* », c'est-à-dire agissant au nom de la Fabrique du Pont, Administrateurs délégués de la Fabrique.

4. « *Idus marcii 1326. — Ego Agnes uxor berenguerii mauran.... filia petri de Argileriis habitator* « *de Cereto.... volo dari.... operi pontis de Cereto decem sol....* » (Archives de la Préfecture, — Registre de Raymond Imbert : 1326, 1327, n° 37).

5. « *3 nonas aprilis 1334.... lego.... Ponti de Cereto V sol.* » (Bibliothèque de la Ville de Perpignan. — *Cartulaire Roussillonnais*, — B. Alart, — MS., vol. I°, — p. 295).
(Ces deux pièces copiées par M. Anglade, Sous-Ingénieur des Ponts et Chaussées).

6. Fac-similé du relevé fait, sur ma demande, en mai 1907, par M. Amade, Sous-Ingénieur des Ponts et Chaussées à Céret. — Le chiffre 1 a 68mm de haut.

1339. — A la fin de 1339, Pierre IV d'Aragon passa sur le pont de Céret (S_7).

1341. — On lit dans l'inventaire des Archives du Monastère d'Arles : « *Les « Auditeurs et Conseillers du Roi de Majorque mandent au bailli de Custuge qu'il « ne doit pas forcer les casaux de l'Abbaye à contribuer à l'œuvre du Pont de « Céret. 1341*[7]. »

Si on a passé sur le pont en 1339, des contributions en 1341 s'appliqueraient à des parachèvements ou à des dettes.





1341. — Le 6[e] jour des Calendes de Décembre (26 novembre) 1341, les Consuls de Céret ont, au nom de la Ville, payé 59 livres 3 sous 8 deniers, à des maçons de Baxas « *racione laboris.... facti in ponte de Cereto....* » (S_2)[8].

Si on a passé sur le pont en 1339, ces maçons auraient travaillé à des parachèvements ou, comme à un pont contemporain voisin, auraient fait l'avance de leur main-d'œuvre[9].

7. Copié dans le Cartulaire Roussillonnais de M. de Saint-Malo, à la suite de la quittance de décembre 1341. (S_2).

8. M. Anglade a compulsé pendant 20 mois les Archives de la Mairie de Céret et celles conservées dans l'étude de M[e] Sabaté, notaire. — Il n'y a rien trouvé sur le pont de Céret.

Cela n'a rien de surprenant : en 1542, les Français saccagèrent les Archives conservées en l'église Saint-Pierre de Céret. (S_6)

9. M. Anglade, en étudiant le pont d'Aravo près de Puygcerda (1326), a trouvé, dans le livre de compte de l'administrateur, une somme payée à des tailleurs de pierre qui avaient travaillé « *a espera* ».

En résumé, le pont est commencé, — je ne dis pas : a commencé, — en septembre 1321 [10].

Pierre IV d'Aragon a passé dessus à la fin de 1339.

Il a donc été construit sous les rois de Majorque : Sanche (1311-1324) et Jayme II (1324-1344), sous la direction des Consuls de Céret et d'un Conseil de Fabrique à Céret, aux frais de la ville de Céret aidée par les contributions des habitants de la vallée du Tech et par des legs de particuliers.

2. Modifications en 1741 et plus tard.

— On lit dans un mémoire de 1735 :

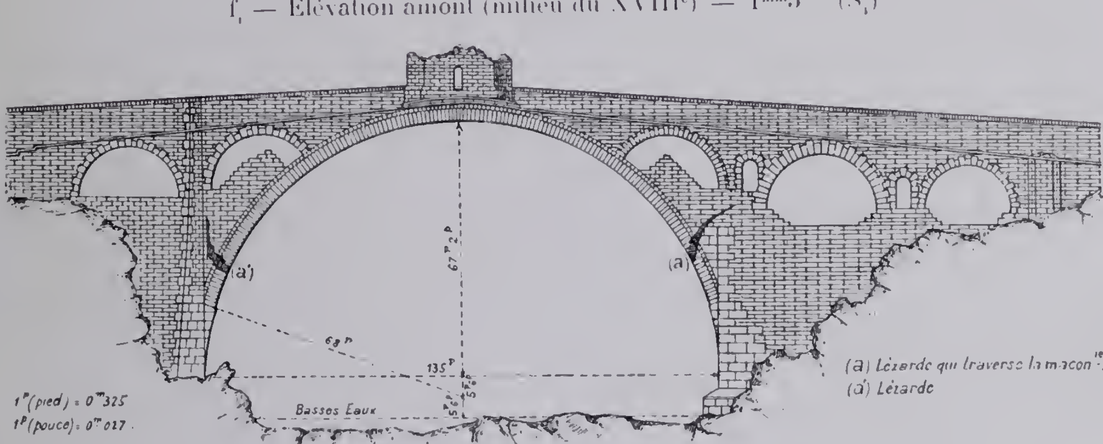
« *Ce pont est depuis longtemps en très mauvais estat...*

« *Lorsqu'on y fait passer quelque gros fardeau comme du canon, malgré les « précautions que l'on prend dans ces occasions, on sent de grandes secousses...* (S'_3) [11] ».

En 1741, on exhaussa les murs de tête pour réduire les rampes des abords. On constata alors qu'ils étaient reliés par 36 contreforts en maçonnerie. (S''_3).

Voici la réduction d'un dessin du milieu du XVIIIe siècle. (S'_4).

f_1 — Élévation amont (milieu du XVIIIe) — 1^mm5 (S'_4)



On y remarque deux grandes lézardes à 60° environ de la clef.

Du côté Perpignan, le mur en prolongement de la tête aval tomba le 31 octobre 1750, celui d'amont, en 1762. On fit alors des murs en aile obliques. (S_3) [12].

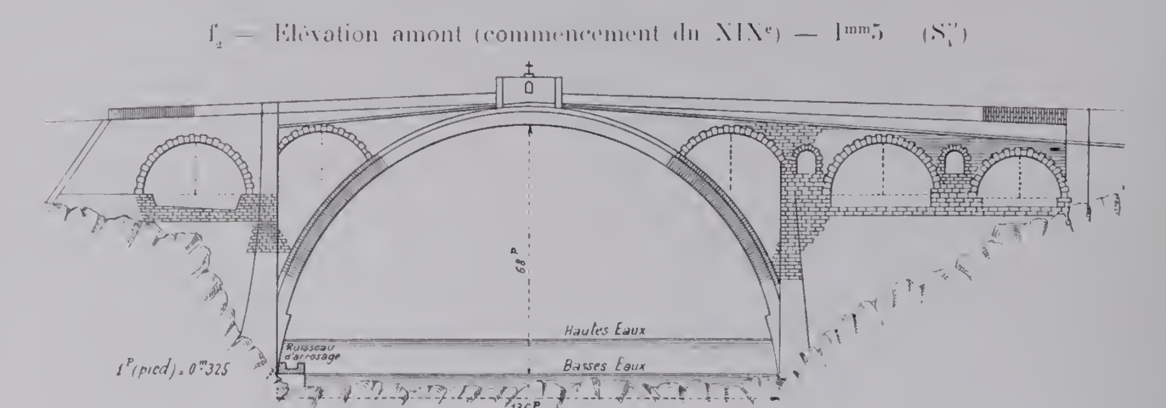
10. — L'Archevêque Pierre de Marca (1594-1662) qui avait été chargé, en 1658, de fixer les limites de la France et de l'Espagne, écrit qu'à un ancien pont en pierre sur le Tech, « *Circa annum MCCCXIII « novam paulo infra substituit diligentia civium Ceretensium* » (*Marca Hispanica.* — Paris, François Muguet, MDCLXXXVIII, lib. 1, cap. XI, col. 52). — D'après Marca, le pont serait donc d' « environ » 1313.

11. — Il tremble un peu au passage d'un rouleau à vapeur de 18 T, et d'une charrette allant vite. (M. Amade).

12. — En septembre 1793, Dagobert voulut faire sauter le pont pour couper la retraite aux Espagnols. L'un des Représentants se récria « *contre le Vandalisme qui veut sacrifier le beau pont de Ceret.* » (Fervel : « *Campagnes de la Révolution française dans les Pyrénées Orientales 1793-1794-1795* ». — Paris 1851, Tome 1, p. 152).

Dans un dessin du commencement du XIXe siècle (S''_4) (f_2), l'extrados est à nu jusqu'au dessous des lézardes indiquées (f_1).

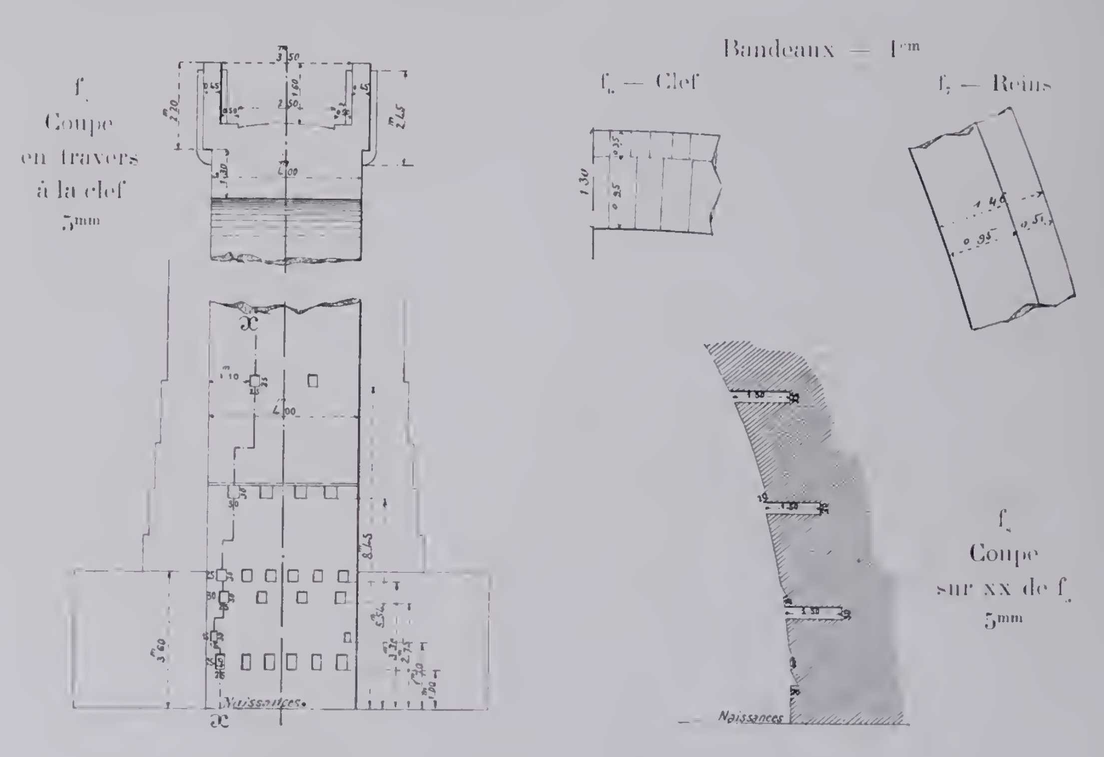
f_2 — Élévation amont (commencement du XIXe) — 1mm5 (S''_4)



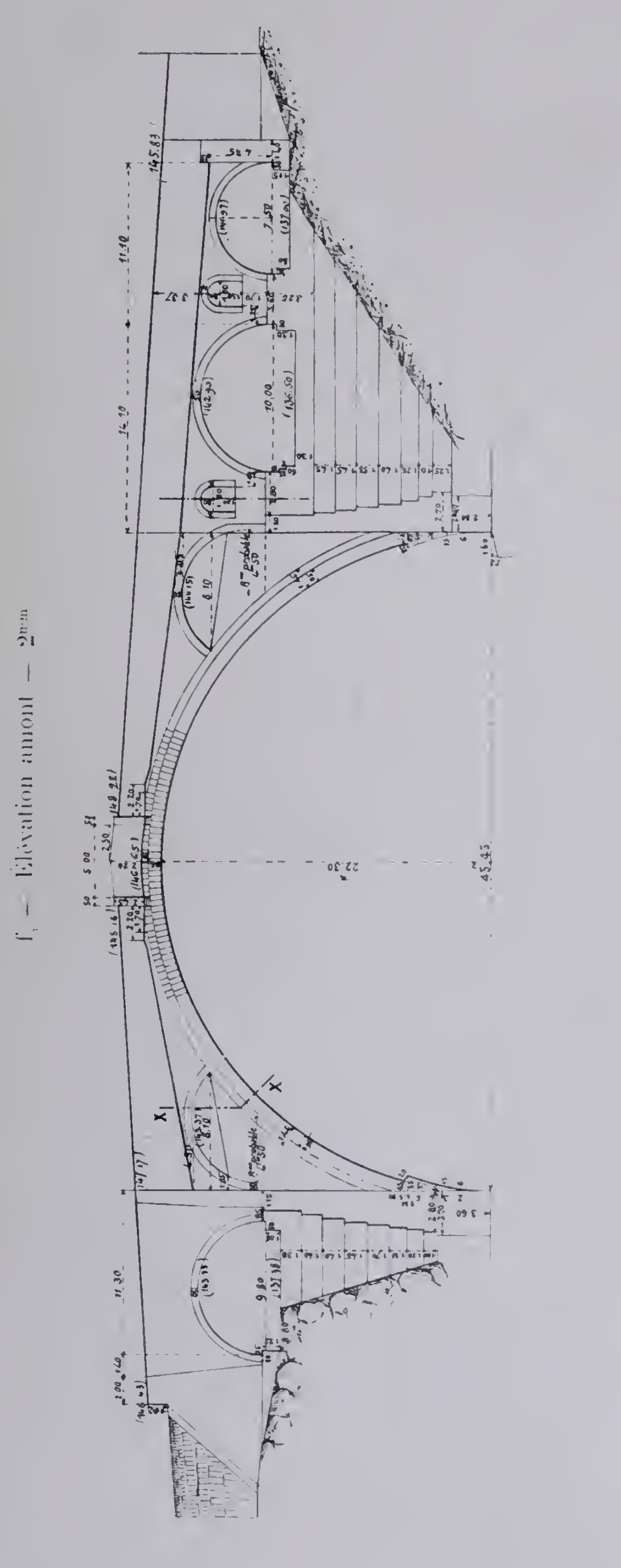
Plus tard, on aveugla de nouveau, en partie, les deux voûtes d'évidement des reins par des murs récemment réparés : ils gâtent l'aspect et ne servent à rien.

3. État actuel[13] (f_3 à f_8). — Le pont a 45m45 de portée, 22m30 de montée.

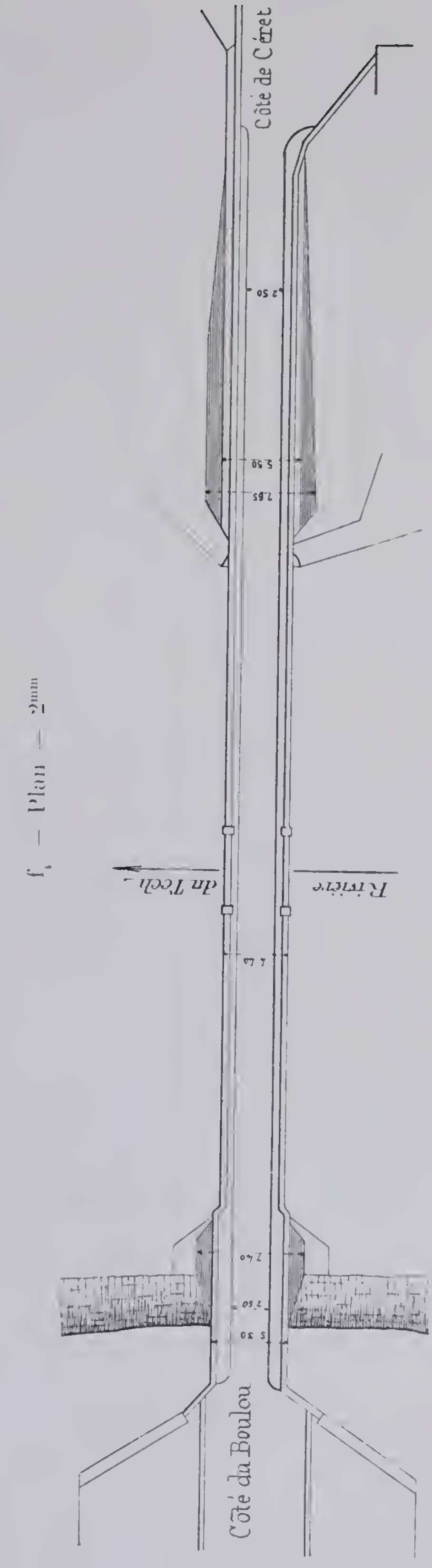
La voûte est en deux rouleaux indépendants. Le rouleau de douelle a 0m95 d'épaisseur uniforme ; le 2e rouleau a une épaisseur uniforme de 0m51 des reins à 7m20 de la clef, puis décroît de 0m51 à 0m35 (clef). L'épaisseur totale de la voûte est ainsi de 1m30 à la clef, 1m46 aux reins.



13. Dimensions relevées par M. Drogue, Ingénieur des Ponts et Chaussées.



f1 — Élévation amont — 2mm



f1 — Plan — 2mm

Sur les reins de la donelle (f_a) on voit, en grand nombre, des trous carrés pénétrant horizontalement à 1m30, 1m50 (f_s) : on y insérait, sans doute, des pièces de bois pour appuyer le cintre (retroussé ?). A trois trous, rive gauche, (5m54 au-dessus des naissances = f_a), existent encore des morceaux de chêne de 20c 24c, saillant de 37c à 40c [14].

Ce qu'on voit du queutage de la voûte sous les arceaux de décharge est en gros moellons équarris.

Les deux moitiés de la voûte sont déformées et ne sont plus symétriques. A l'intrados de la tête amont, côté rive droite, il y a un point d'inflexion à 2m47 [15] au dessus du ressaut.

Il est fort probable que le pont avait été projeté en plein cintre de 45m45 de portée, soit 22m725 de montée, et que la clef est descendue de 0m425.

14. — Mesures de M. Amade.

15. — Relevé, sur ma demande, par M. Amade.

SOURCES :

S_1 — Quittance du 3 septembre 1321 :

« *Notum sit omnibus quod nos Arnaldus Bajuli, sacrista ecclesie sancti Petri de Cereto, et*
« *frater Raymundus de Sancto Paulo, comendator hospitalis.... de Cereto, operarii et procuratores*
« *operis pontis qui inceptus es. et operatur in flumine Techi.... et nos Guillemus Tayrii, consul....*
« *de Cereto, et Johanes Donati, filius Guillemi Donati consulis.... tenens locum.... dicti patris mei....*
« *etiam de voluntate.... Guillemi Rogerii et Arnaldi Biure et Raymundi Marchesii, senniorum*
« *omnium trium de Cereto.... recognoscimus tibi Petro Draperii consuli... de Pratis, ut...., dedisti....*
« *nobis.... racione dicti operis dicti pontis, quindecim libras barcinonensium coronatorum, de qua*
« *moneta ·LXV· solidi valent unam marcham argenti fini* [16] *recti pensi Perpiniani ; quas dicta*
« *Universitas hominum et mulierum.... de Pratis dant amore Dei dicto operi dicti pontis et in*
« *subsidium ejusdem* . . . .
« . . . .

« *Actum est hoc tercio nonas Septembris. anno Domini. millesimo. terscentesimo, vicesimo,*
« *prima.*
« . . . .
« . . . .

Archives municipales de Prats-de-Molló (Pyrénées-Orientales), série CC (carton), original sur parchemin (hauteur 21c, largeur 38c, 23 lignes).

Cette pièce a été découverte et publiée par M. Albert Salsas, Receveur des Domaines : « *La construction du pont de Céret en M.CCC.XXI* ». — Céret, imprimerie et librairie L. Lamiot, 1892.

S_2. — Quittance du 26 novembre 1341 :

« *Noverint universi quod ego Guillelmus Eres, Payrerius* [17] *Perpiniani nomine meo proprio,*
« *et nomine procuratorio* (suivent 10 noms), *omnium Peyreriorum* [17] *de Baranis.... recognosco....*
« *vobis Rotgerio juglarii et Andree comitis, consulibus de Cereto, quod vos, nomine Universitatis de*

16. — D'après M. Salsas, le marc Catalan d'argent au XIVe siècle pesait environ 269gr. 65 sous valant un marc, le sou pesait 4gr138 d'argent, la livre 82gr76, les 15 livres 1241gr40.

En 1407, le marc de Perpignan (marc monétaire) pesait environ 236gr, le sol (65 fois moins) : 3gr63, la livre 72gr6, les 15 livres 1089gr. — (Indications gracieusement données par M. Brutails, archiviste départemental de la Gironde).

17. — En Catalan « *Payrer, Peyrer* », — maçon.

« *Cereto, solvistis michi quibus supra nominibus recipientibus per modum subscriptum quinquaginta*
« *novem libras, tres solidos et octo Denarios Barchinone que per vos et dictum Universitatem michi*
« *et predictis, quorum sum Procurator, debebentur racione laboris per me et dictos mancipios meos*
« *et illos quorum sum Procurator personaliter facti in ponte de Cereto et operi ejusdem, officium*
« *nostrum exercendo.*
« . . . .

« *Quod fuit actum et laudatum Perpiniani, Ve Kalendes Decembris, anno Domini*
« *Mo CCCo XIo io* . . . .

Copié sur ma demande par M. Anglade, à Argelès-sur-Mer, chez M. le Baron de Vilmarest, sur le Cartulaire Roussillonnais, constitué par M. Renard de Saint-Malo, tome X, page 104.

On lit dans quelques notices que cette quittance est citée par Pierre de Marca. (J'ai indiqué plus haut, renvoi 10, la seule allusion de Marca au pont de Céret).

S_3. — Archives des Pyrénées-Orientales. — C. 1182 :

S'_3. — Mémoire de Laurens du 8 octobre 1735 à l'appui d'un projet de réparations évaluées à 5.300 livres.

S''_3. — Mémoire de Desbordes de la Maulnerie, du 25 octobre 1741.

S_4. — Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées. — Manuscrits, no 1449.

S'_4. — Dessin au 1/432e, — fait après 1741, puisqu'il indique l'exhaussement de 1741 et avant l'exécution des grands murs en aile obliques (1750 et 1762).

S''_4. — Dessin au 1/144e, du commencement du XIXe.

S_5. — « *Note sur le vieux pont de Céret* » par M. G. Sorel, Ingénieur des Ponts et Chaussées. (Extrait du XXXIIe bulletin de la Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales. — Perpignan, 1891).

S_6. — « *Acta y recentio de testimonis rebuts de la intrada y sacco y róbos fets per los* « *francesos en la vila y en la Iglesia y casas de Ceret y captiveri y mal tractas de personas* ».

Titre d'un acte redigé à Céret le 5 décembre 1619 « *ad instantiam Hieronimi balaguer* « *apothecarii dictae villae* », lequel est une copie de divers actes notariés relatifs à l'entrée des Français à Céret en 1542.

(Parchemin communiqué par M. Albar, Commandant en retraite à Perpignan).

S_7. — « *Chroniques de Espãya fins aci no divulgades... per... Miquel Carbonell*[18] *Escriva* « *y Archiver del Rey nostre senyor, e Notari publich de Barcelona, novament inprimida en* « *lany MDxlvij* » (Bibliothèque Nationale. Res. Oa-16)... « *Chronique du Roi Pierre IV*[19] ».

(fol. CXXIIII verso. col. 2)... « *E lendema q̃ fo lo jorn appellat dls defũcts tengue nostre* « *cami per anar en Avinyo*[20]... »

Le lendemain de la Toussaint (soit au 2 novembre). il part donc pour Avignon ; il prête hommage au pape Benoit XII, puis revient à Perpignan et, de là, à Barcelone par le pont de Céret.

(fol. CXXV verso. fin col. 1 et col. 2) :.... « *E apres.... venguem nos a Perpinya.... E puix*

18. — Carbonell (1434-1517).

19. — Cette « *Chronique* » de Pierre IV est due à Bernat Dezcoll « *Mestre Racional* », qui la commença vers 1375 sous l'inspiration du roi et d'après son journal.

20. — Le voyage de Pierre IV à Avignon sous Benoit XII (decembre 1334-avril 1342) est confirmé par Baluze. Tome I, col. 204.

« *PRIMA VITA BENEDICTI XII. Eodem tempore ... venit Avenionem Petrus Rex Arragonum ...* »

« *Vitæ Paparum Avenionensium* ». 2 vol. — Paris MDXCIII (Bibliothèque Nationale, H 3113)

« *partim.... de Perpinya e venguè nos en al volo*[21].... *e eren tantes aygues que no poguem passar*
« *la barca e haguè anar al pōt de Seret e tèguem nostre camí per lo coll de Panicas*[22] ».

Ce voyage est entre la translation de Sainte-Eulalie, 2e dimanche de juillet 1339 et d'autres dates de 1340[23]. Son départ pour Avignon est du 2 novembre 1339.

Il a donc passé sur le pont dans les derniers mois de 1339.

S_x. — Ce que j'ai vu, — mai 1908.

21. — Le Boulou.

22. — Col voisin du col de Perthus.

23. — En particulier, la convocation des « *Corts* » à Barcelone, mentionnée dans « *Las Cortes Catalanas* » par D. José Coroleu é Inglada y D. José Pella y Forgas, — 2a Edicion, Barcelona, MDCCCLXXVI, — p. 183

PONT (ACTUEL) SUR L'ALLIER A VIEILLE-BRIOUDE[1] (*Hte-LOIRE*)

Route Nationale n° 102 de Viviers à Clermont

1824-1831 **C**^{1} r^{le} (40^m) 2

Φ_1 (S_3)



1. Adoption d'une grande voûte pour remplacer le vieux pont[2] écroulé le 27 Mars 1822. — Aussitôt après la chute du vieux pont, on avait proposé, pour le remplacer, trois travées en bois, comme économiques et vite faites.

Lamandé fit très sagement adopter une voûte en pierre (S'_1).

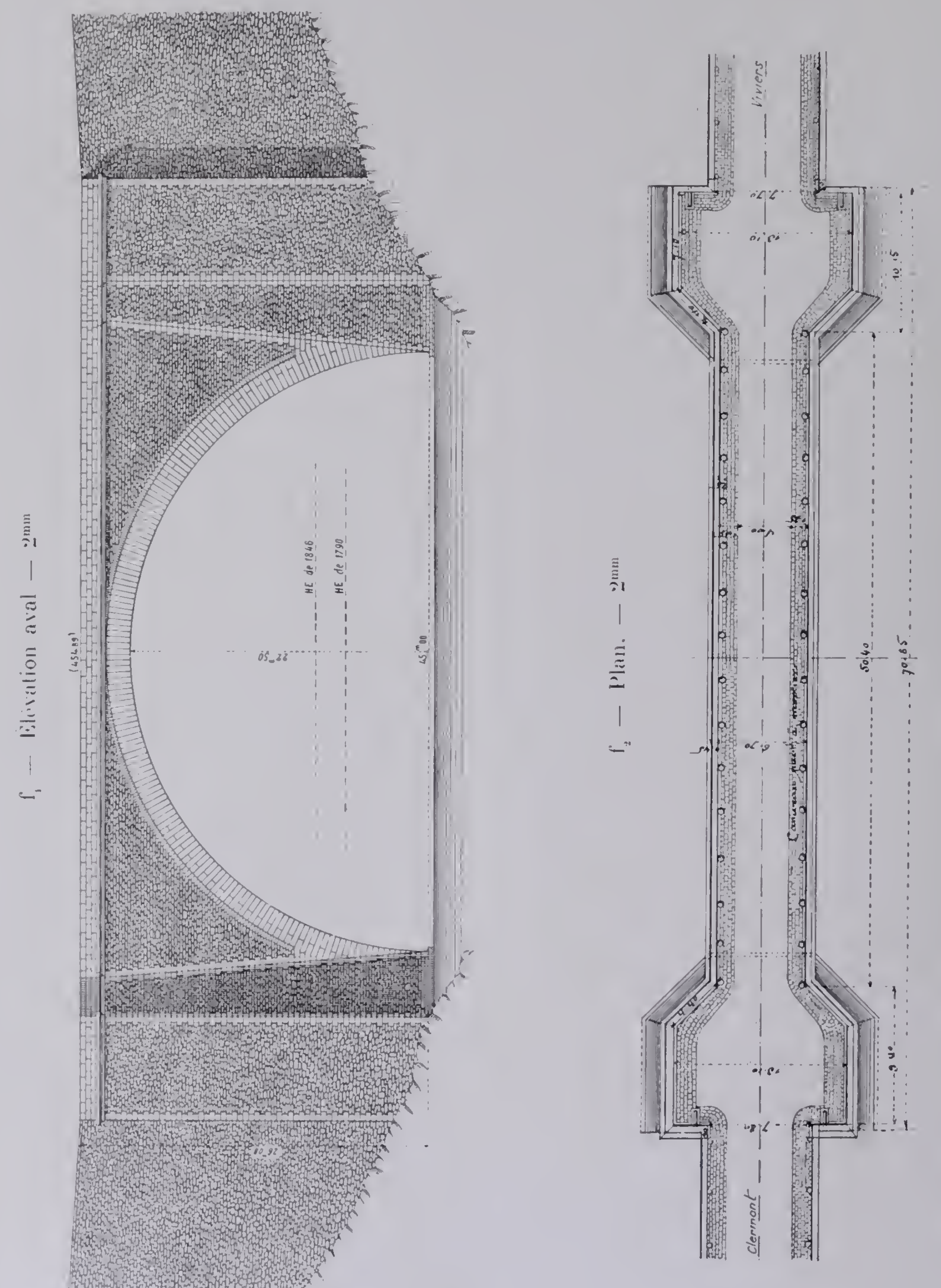
2. Matériaux. — Les bandeaux et la douelle sont en pierre de taille, avec une épaisseur uniforme de 1^{m}80 et 1^{m}50.

Tout le reste est en moellons par assises horizontales, sauf deux arceaux retombant sur les reins du rouleau de douelle (f_2).

3. Cintre. — Les Ingénieurs avaient projeté un cintre retroussé et, dessous, des palées pour le lever.

1. A 4^k environ au Sud-Est de Brioude.

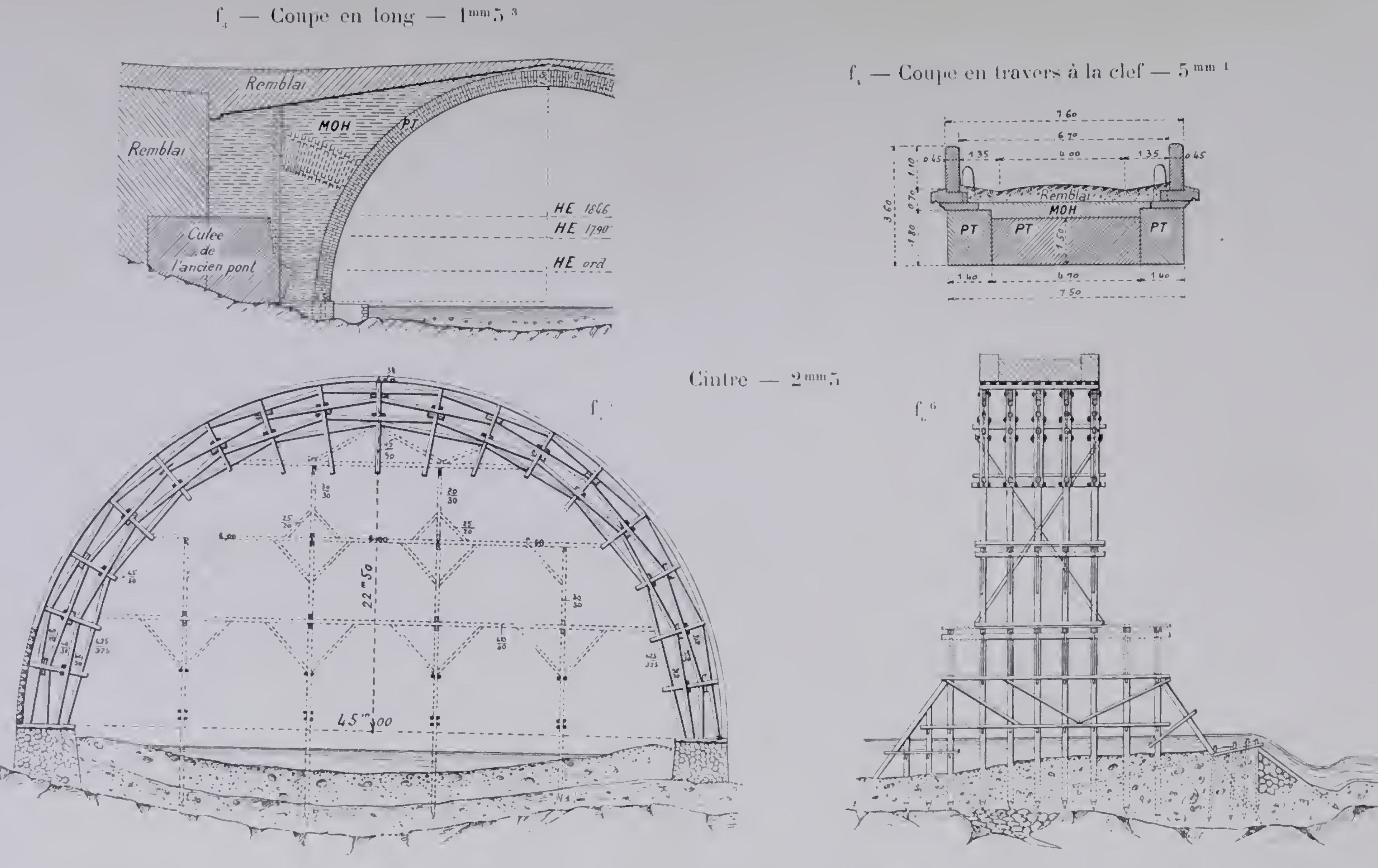
2. Voir $\widehat{\mathbf{A}}^1$ r^{te} (40^m)^1 — Tome II.



f_1 — Élévation aval — 2mm

f_2 — Plan. — 2mm

D'après S'_2 et S'_3. — Les dessins faits après exécution n'ont pas été retrouvés.



3. Réduit de S_2. — 4. D'après S_2 et S_3. — 5. D'après un projet signé par Gouilly le 10 novembre 1827 (S_2) ; d'après le dessin d'une ferme « *taillée du 15 au 25 juillet 1829* » accepté par les Entrepreneurs et un dessin non signé, daté de Brioude, le 22 octobre 1851. 6. D'après le dessin S_2 — d b n° 18.

Sur le rapport de Lamandé (S''_1), le Conseil général des Ponts et Chaussées prescrivit de prolonger les supports « *jusqu'à la courbe inférieure à laquelle ils* « *seront unis par juxtaposition seulement et sans assemblages.* » (S''_1).

Ça donc été un cintre retroussé, soutenu.

4. Exécution.

— On lit dans un devis du 21 avril 1827, que la voûte sera tracée avec un surhaussement de 0^m20, que les joints de l'intrados auront 2^mm à la clef, 10^mm aux joints de rupture, que les lits des voussoirs, pleins jusqu'à 10^cm des arêtes, seront démaigris aux arêtes de 2^mm5.

Malgré ces précautions, « *Lors du décintrement, des éclats se seraient, paraît-il, produits dans les voussoirs placés au droit du joint de rupture* » [7].

5. Dates.

— Le pont a été adjugé le 12 mai 1824 aux Sieurs Lallier et Montrambert, qui firent faillite, puis, le 30 mai 1827, aux frères Brosson.

Le cintre a été taillé et monté en 1829 ; — la voûte, clavée en 1830.

6. Dépenses (en utilisant les culées du vieux pont).

— Au moment de la première adjudication, on prévoyait une dépense de 360.100^f.

On a dépensé environ 580.000^f (S_1) [8].

Ingénieurs.

en chef : Ansquer (1822-25), Egault (1826-29), O'Brien (1830-31)

ordinaires : Gouilly, au Puy (1822-29), Moneuze, à Brioude, affecté spécialement au pont (1829-31).

7. — Morandière, *Construction des Ponts* p. 496.

8. — Savoir :

Somme due à la faillite des premiers entrepreneurs (Rapport de l'Ingénieur ordinaire Gouilly du 31 décembre 1828)...	173.970^f28
Travaux faits par les seconds entrepreneurs (Rapport de l'Ingénieur en Chef Saint-Aubin, du 16 février 1832)...	398.889 14
Dépenses réelles...	572.859^f42

SOURCES :

S_1 — Archives du Ministère des Travaux Publics :

S'_1. — Rapport de l'Inspecteur Général Lamandé du 30 décembre 1822 et avis du Conseil Général des Ponts et Chaussées du 8 février 1823.

S''_1. — Rapport de l'Inspecteur Général Lamandé du 24 janvier 1824, et avis du Conseil Général des Ponts et Chaussées du 24 janvier 1824.

S_2. — Archives de l'Ingénieur en Chef de la Haute-Loire. — carton 74. D. A. — d. b. gracieusement mises à ma disposition par M. l'Ingénieur en chef Monnet.

S'_2. — N° 15. — Projet présenté par l'Ingénieur en Chef Egault le 21 avril 1827, approuvé le 10 août 1827, sous réserves de modifications que je n'ai pas retrouvées.

S_3. — Ce que j'ai vu — août 1908.

PONT SUR LE GAVE DE PAU A SAINT-SAUVEUR *(Htes-PYRÉNÉES)*

Route Nationale n° 21 de Paris à Barèges

1860-1861 C^{t} P^{le} C 40^{m},3

Φ[1]



1. Dispositions à signaler. — Le couronnement est en arc de cercle convexe vers le ciel.

Les trottoirs sont en partie en encorbellement sur consoles, avec garde-corps en fonte de 1^{m}10 (f_2).

La douelle avait été enduite de ciment, en partie tombé[2] en 1885.

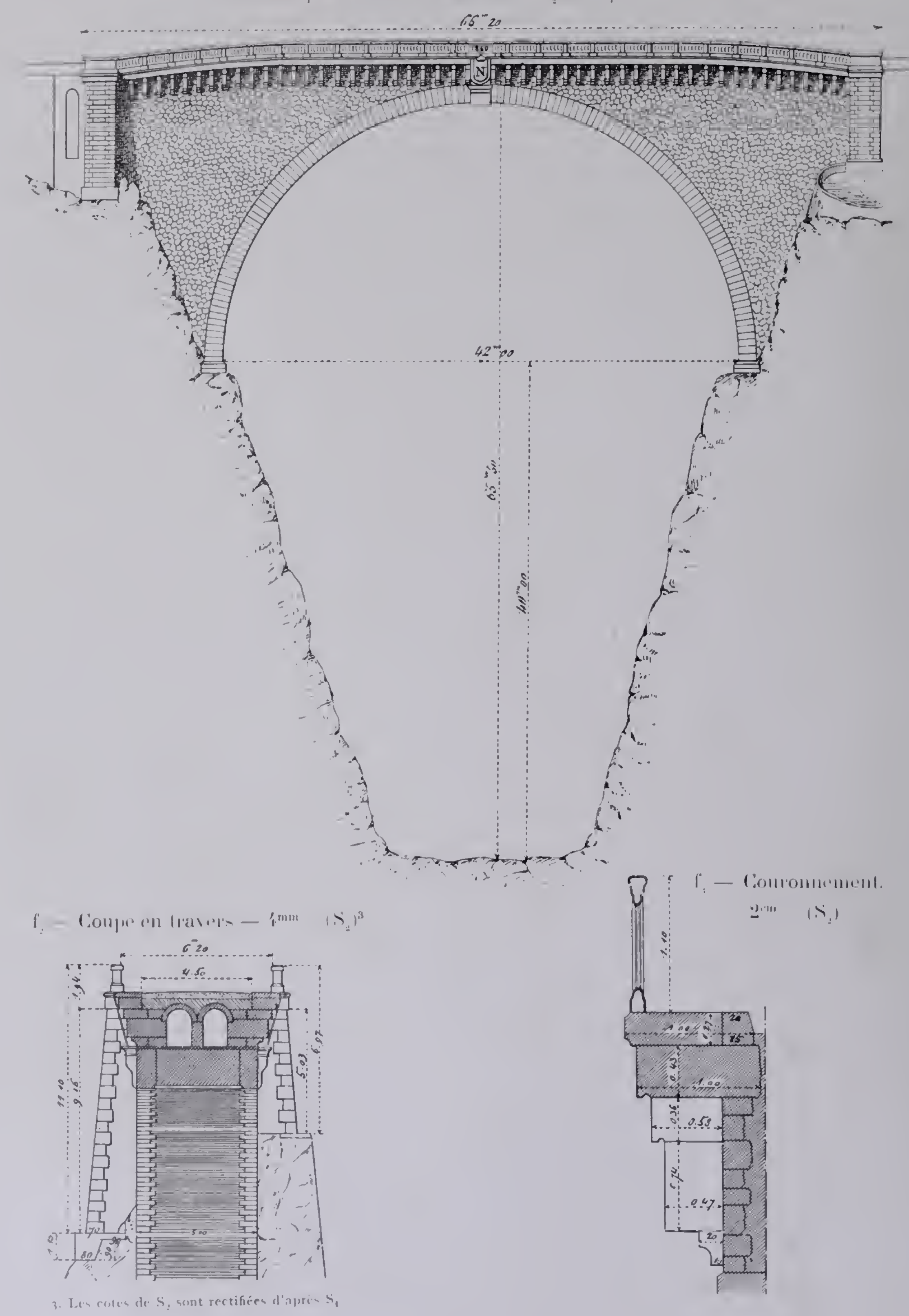
Les tympans sont à chaux grasse additionnée de 1/10e de son volume de ciment de Vassy.

2. Cintre (f_1, f_2). — On a dû soutenir les 4 fermes retroussées et les épauler transversalement par un échafaudage partant du fond du Gave (traits pointillés).

1. — Ministère des Travaux Publics. — Photographies (Gironde, Landes, Basses-Pyrénees, Hautes-Pyrénees). PL. 28 (Cliche de M. E. Delon, photographe a Toulouse). *Bibliotheque de l'École des Ponts et Chaussees.*

2. — Croizette Desnoyers. *Construction des Ponts.* Tome I, p. 103.

f_1 — Élévation — 2mm (S_2 et Φ_1)

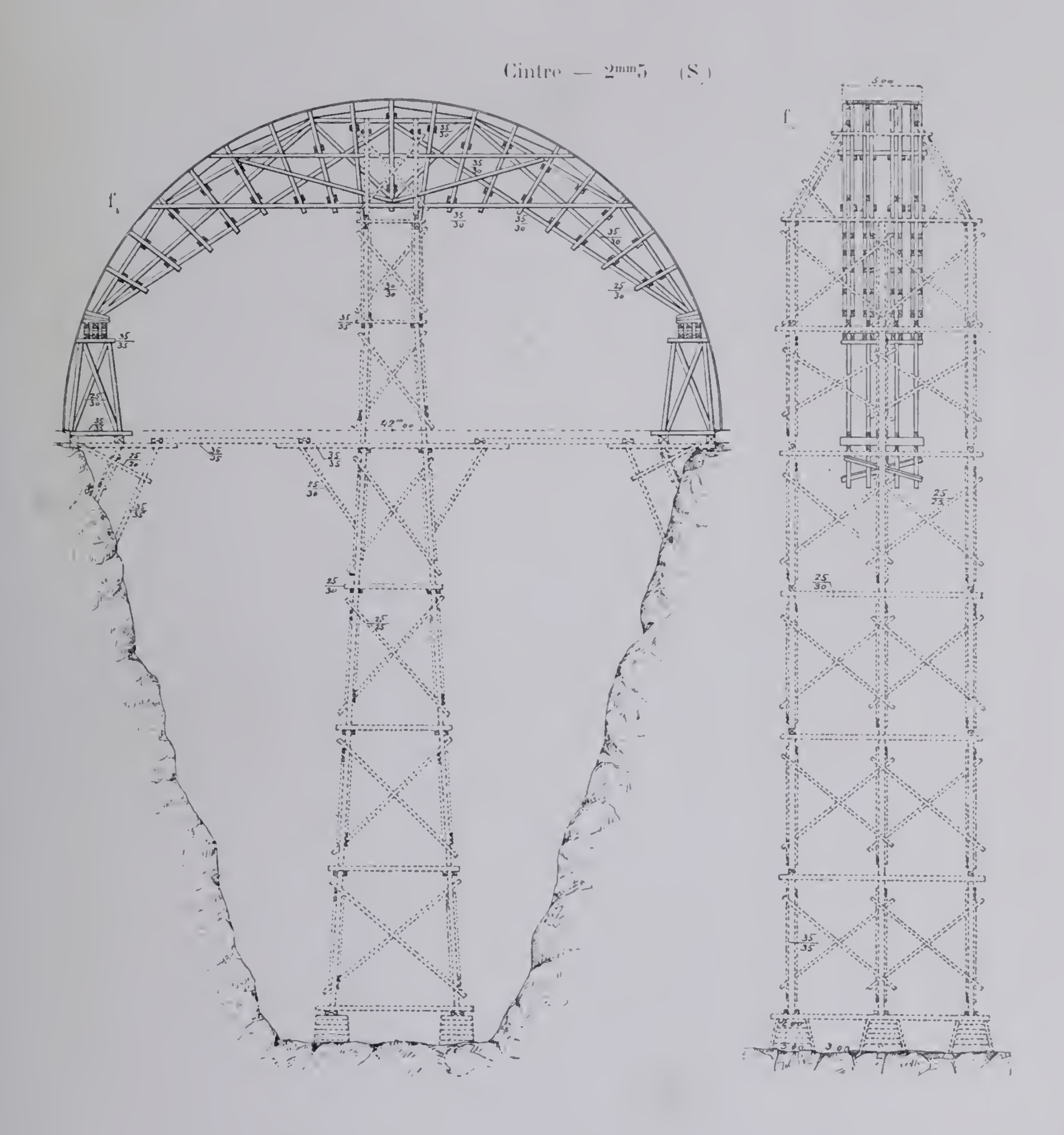


f_2 — Coupe en travers — 4mm (S_2)[3]

f_3 — Couronnement. 2cm (S_2)

3. Les cotes de S_2 sont rectifiées d'après S_1

Cintre — $2^{mm}5$ (S.)



3. Dates. — Bandeaux : 15 octobre — 1er novembre 1860.
Maçonnerie en moellons ordinaires entre les bandeaux : 5-16 novembre 1860.
Décintrement : 16 décembre 1860.
Reprise des travaux : avril 1861.
Ouverture à la circulation : 30 juin 1861.

4. Dépenses (S_1 — S_3 — S'_3).

Grande voûte (cube total jusqu'au rocher : 794 mc) (S'_3, S_1)

Travaux provisoires. — Échafaudage ; grand cintre, pont de service, régies	119388 f 98 (S_1)	195693 f 80 soit par mc. de voûte 246 f 46
Travaux définitifs. — Maçonnerie	76304 f 82 (S_3) soit, par mc. de voûte : 96 f 10.	

Tympans et remplissage entre les tympans (y compris 1703 f 24 (S_1) pour cintres des voûtes d'élégissement)	57840 f 07 (S_3)
Plinthes et consoles	45166 f 10 (S_3)
Garde-corps en fonte	19025 f 75 (S_3)
Divers	911 f 25
Total	318636 f 97 (S_1)

5. Personnel.

Ingénieurs { en chef : MM. Schérer et Marx.
{ ordinaire : M. Bruniquel.

Entrepreneurs : MM. Gariel et Garnuchot.

SOURCES :

S_1. — Pour tous les renseignements sans indication de source :

Exposition, Paris, 1867. — Notices, Travaux Publics, p. 3 à 6. — Les renseignements donnés dans cette notice sont reproduits au Catalogue des Galeries de l'École des Ponts et Chaussées, p. 130, M. Baron. — Il y a, dans les Galeries, un modèle au 1/20e.

S_2. — Les dessins sont empruntés à :

Morandière, *Construction des Ponts*, p. 387 et 388, — Pl. 81, fig. 1, 2, 3. — Cintre : p. 502, — Pl. 136, fig. 1, 2, 3.

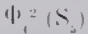
S_3. — Décompte définitif en date du 1er décembre 1863.

S'_3. — Quelques renseignements complémentaires pris aux Archives des Ingénieurs des Hautes-Pyrénées.

PONT SUR LE RHÔNE A COLLONGES[1] (Hte SAVOIE)

Route Nationale n° 206 de Collonges à Thonon

1869-1873 $\quad$ C[t] r[de] (≈ 40m)[4]



Φ_1^{2} (S_3)



1. Pourquoi on a fait une grande arche. — On a fait une grande arche sur cintre retroussé, parce que, là, les crues s'élèvent à 7m90 avec une vitesse de 5m.

2. Cintre. — Le cintre a coûté environ 45.000 f[3] (S_1).

Pour le recevoir côté rive gauche, on avait élargi le massif de fondation descendu à l'air comprimé.

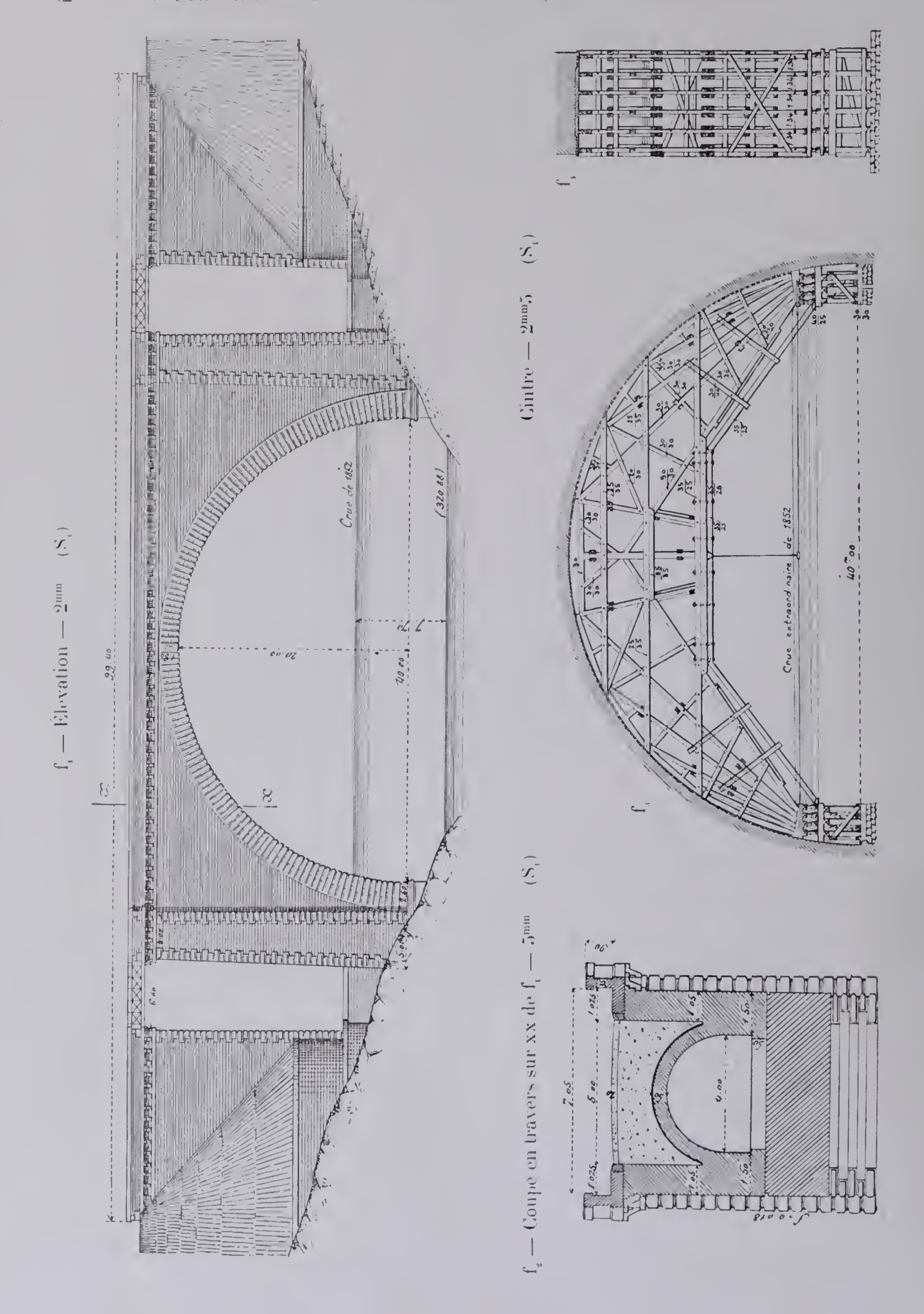
Sous un vent violent (28-29-30 mars 1871), le cintre, qui n'avait pas encore tous ses couchis et boulons, s'inclina de 0m43 vers l'amont.

1. A 850m en amont du fort de l'Ecluse.

2. Les deux coupures des murs en retour ont été imposées par le Génie.

3. Dans une statistique à la suite d'un mémoire inséré aux Annales des Ponts et Chaussées d'octobre 1886, j'avais donné des chiffres un peu différents, fournis par le Service de la Haute-Savoie en 1885. — On trouve dans les pièces actuelles : (S_1)

Bois et fer	21.016 f 92 (S_3)
Indemnité pour retard (Guerre de 1870 et changement du mode de fondation de la culée rive gauche)	11.795 f 99 (S_1)
Boîtes à sable (régie)	875 f (S_1)
Dépense (supports non compris)	33.687 f 91


f₁ — Élévation — 2mm (S₁)
Cintre — 2mm,5 (S₁)
f₂ — Coupe en travers sur xx de f₁ — 5mm (S₁)
Crue de 1852
Crue extraordinaire de 1852
40m00

3. Fondation de la culée rive gauche (S_2). — A la culée rive gauche, au lieu du rocher attendu à 2^m sous l'étiage, on trouva, en épuisant à grand'peine, un lit de poudingue avec gros blocs ; au-dessous, il y avait de la glaise, puis du sablon, puis du gravier.

Il fallut fonder à l'air comprimé à 6^m sous l'étiage sur le gravier (caisson avec écluses en bas).

4. Dépenses.

Fondation de la culée rive gauche	Marché à forfait...........	80000^f (S_2)	82917^f35
	Indemnité supplémentaire..	2917^f35 (S_4)	
Entreprise du pont	Fouilles, maçonnerie, cintres, perrés, pont de service..	246774^f46 (S_3)	278749^f60
	Indemnités allouées........	31975^f14 (S_4)	
Dépense en régie (S_4)	Journées..................	18008^f16	103695^f55
	Fournitures et divers......	85687^f39	
		Total.............	465362^f50

5. Ingénieurs.

en chef : M. Collet-Meygret.
ordinaires : MM. Sadi Carnot (projet et fondations) et Courtois.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution.

S_2. — Exposition, Paris, 1878. Notices. Travaux Publics, page 26 : « *Fondations du pont « de Collonges sur le Rhône* »

S_3. — Décompte définitif du 6 juillet 1875.

S_4. — Renseignements fournis en mai 1907 par M. Duval, Ingénieur à Saint-Julien, qui a bien voulu, sur ma demande, dépouiller ses archives.

S_5. — Ce que j'ai vu — août 1905.

PONT SUR LA « BAIE »[1] DE CLARENS, A **BRENT**[2] *(Canton de Vaud — SUISSE)*

Route de Blonay à Brent

1899–1900 **C**' I^{le} (> 40m)5

Φ_1 (S_1)



1. Aspect (S_1). — Les reins sont trop épais.

La plus haute pile des voûtes d'élégissement retombe sur l'extrados à angle trop aigu.

2. Matériaux. — Les piles, culées et tympans sont en moellons ordinaires assisés, avec léger bossage.

La plinthe sous trottoir est en encorbellement sur corbeaux en béton (S_1).

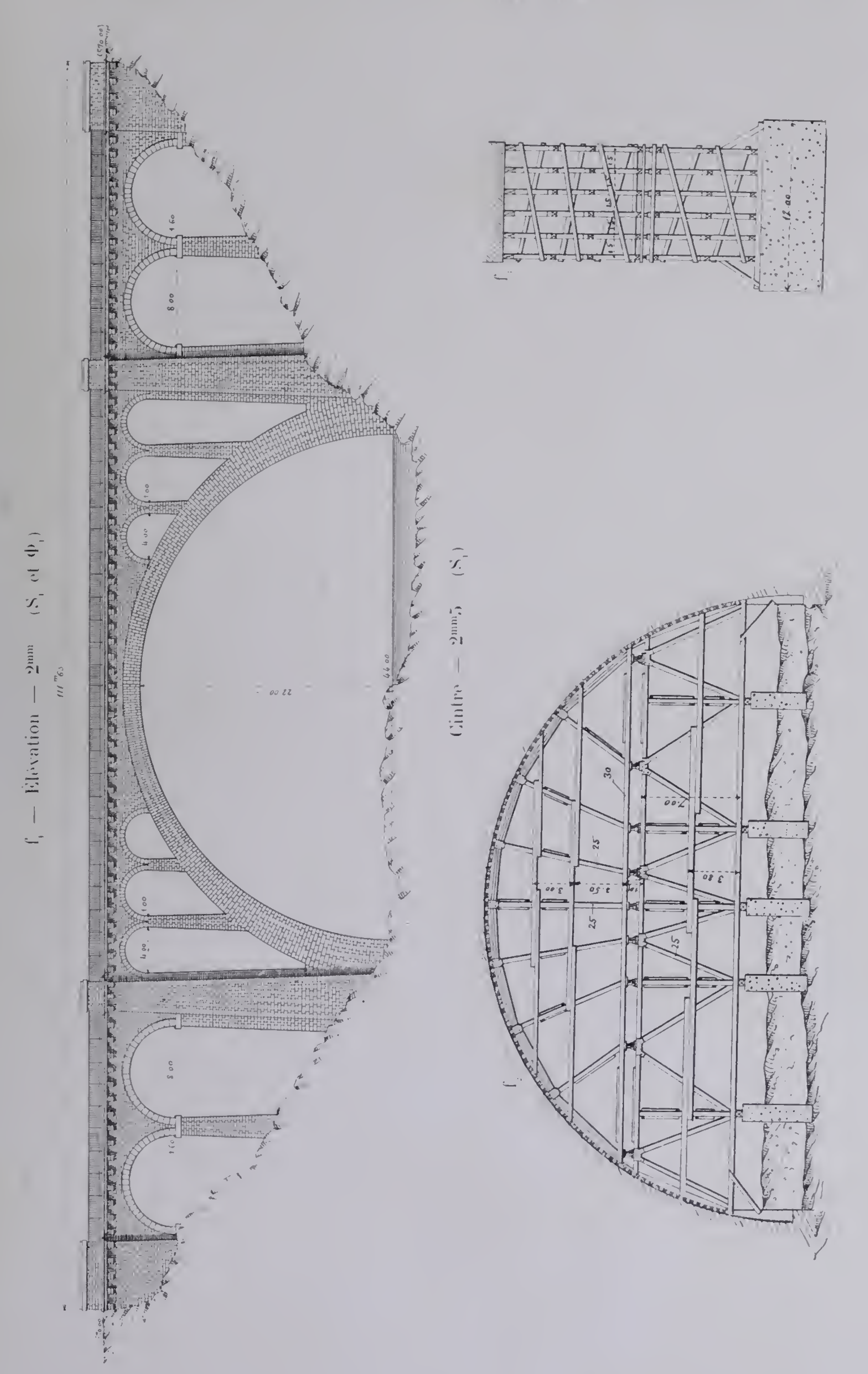
Sauf les pierres de taille du couronnement, tout est en calcaire.

3. Cintre (S_1). — Il est imité du cintre de Lavaur[3].

1. — « Baie », « Baye », en Suisse, cours d'eau.

2. — A environ 10 minutes de la station de Fontanivent-Brent (Ligne electrique Oberland-Zweisimmen-Montreux).

3. — **Â**' Fr (> 40m)4 — Tome II.


f_1 — Élévation — 2mm (S_1 et Φ_1)
Cintre — 2mm5 (S_1)

4. Dépenses (S_3).

Maçonneries, cintres, trottoirs, chaussée........................	151.000 f
Garde-corps en fer forgé..	5.000 f
Études et surveillance..	7.000 f
Total......................	163.000 f

SOURCES :

S_1. — Bulletin technique de la Suisse Romande, 20 décembre 1900 : « *Le Viaduc de Brent sur la baie de Clarens* » (article daté d'octobre 1900, — avant l'achèvement de l'ouvrage.)

S_2. — Renseignements qu'a bien voulu me fournir M. Béguin, entrepreneur à Blonay, qui a construit le cintre.

S_3. — Renseignements gracieusement communiqués par M. Bosset, Professeur à l'École Polytechnique de Lausanne.

S_4. — Ce que j'ai vu — juillet 1908.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $C^1 F^r$ $(\geq 40^m)$

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT	PROJET							
	ENSEMBLE		GRANDE VOÛTE					
				ÉPAISSEURS		MATÉRIAUX	PRESSIONS	
PONT Date Symbole	*Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	Portée	CORPS Clef *Milieu de la montée*	TÊTES Clef *Reins*	*Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	en kg/0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Ballochmyle** *Écosse* 1846-1848 C¹Fr (>40m)1	*195m,39* » 47m	» *8m,534* Fruit 1/36 »	55m,168	1m,371 »				1° Dalles sur murs longitudinaux de 0m61. 5 ouvertures de 0m91 2° *Archivolte. Cadres dans les tympans*
d' **Oloron** *France* 1881-1882 C¹Fr (>40m)2	*87m,90* » 23m04 (étiage)	10m,00 2 voies.. 8m passage pour piétons. 2m *10m,20* Pas de fruit 1m 20	40m,00	1m,30 *2m,60*	1m,30 *2m,60 à 60°*	Bandeaux : PT ¹ à bossages Douelle : ME ¹ Queutage : MOV ¹ *Chaux du Teil 333k et Ciment Portland 111k*	Pression moyenne : à la clef.. 11k3 à 60°..... 12k5 *Méry*	1° 3 voûtes longitudinales en plein cintre 1 de 1m50 2 de 1m65 sur murs de 0m90 contreventés par 2 étages d'arcades 2° *Bandeaux à bossages*
de **Rébuzo** *France* 1898-1900 C¹Fr (>40m)3	*94m,70* 18mm RD / RG 20m	4m,50 *5m,00* Pas de fruit 0m 95	40m,00	1m,30 *2m,60 à 62°*	1m,30 *1m,45 à 70°*	Bandeaux et Douelle : ME ¹ calcaire à 1900k Queutage : ME¹ calcaire à 1700k *Jusqu'à 65° de la clef : Chaux du Teil 350k* *Au-dessus : Grappier du Teil 400k*	Pression moyenne sous les tympans sans surcharge : à la clef.. 11k4 à 60°..... 9k8 *Méry*	1° 6 voûtes transversales de 4m 10 en plein cintre sur piliers de 1m10 : 4 aveuglées entre piédroits, 2 masquées par les pilastres 2° *Petite archivolte*

1 — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0m01[2] *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	FERMES Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	Cube de bois Poids de fer Dépenses par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p[3], de volume « utile » W[4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rocher » » »	Fixe Poteaux et contrefiches » Coins	6 » » »						
Schiste compact Rive gauche − 3m » *Épuisements* Rive droite − 0m98 » *A sec*	Retroussé sur 26m60 Grands arbalétriers *Sapin* Boites à sable Piston en fonte	7 35cm de rive : 1m17 intermédiaires: 1m84 »	581mc 5044k 51708f	1mc,08 9k,4 95f,4	A partir de 60e de la clef : 2 rouleaux clavés à la clef seulement	» *59 jours* »	t_c 30mm t'_v 3mm	D = 467 793f D : S_p = 532f,2 D : W = 30f,3
Rocher calcaire − 2m 8k »	Fixe Poteaux et triangles » Boites à sable	4 25cm 1m57 »	197mc 4230k 7800f	0mc,80 17k,3 31f,9	A partir de 62e de la clef : 2 rouleaux	Voûte nue *30 jours* 17 mai	t_c 22mm t'_v 1mm2	Q = 2801mc Q : S_p = 0mc57 Q : W = 0mc43 D = 154 882f régie non comprise D : S_p = 363f,4 D : W = 23f,6 D : Q = 55f,3

2 Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col 3) — C'est la surface offerte à la circulation. 4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE C^1 F^r (> 40^m)

MONOGRAPHIES

PONT SUR L'AYR, A BALLOCHMYLE *(Comté d'Ayr — ÉCOSSE)*

Ligne de Carlisle à Glascow[1] — *(Glascow and South Western Ry)*

1846–1848 C^1 F^r (> 40^m) 1

Φ_4 (S_2)



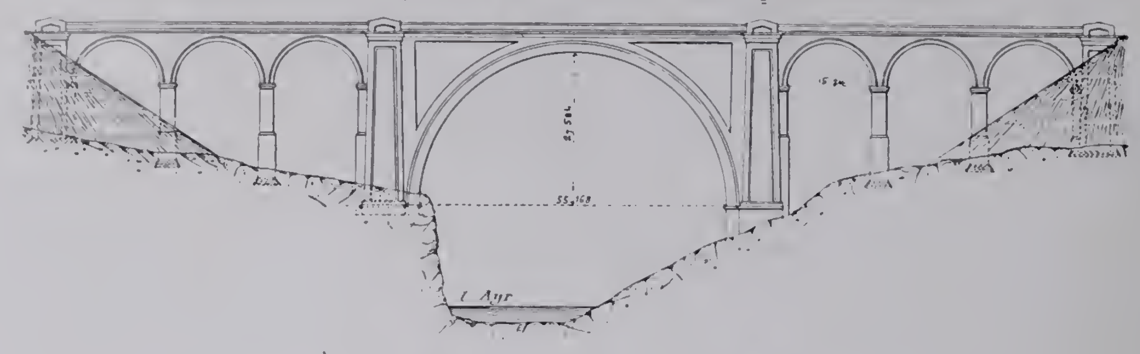
1. Dates. — Commencé en septembre 1846[2].

1. — Entre les stations de Mauchline et Auchinteck.

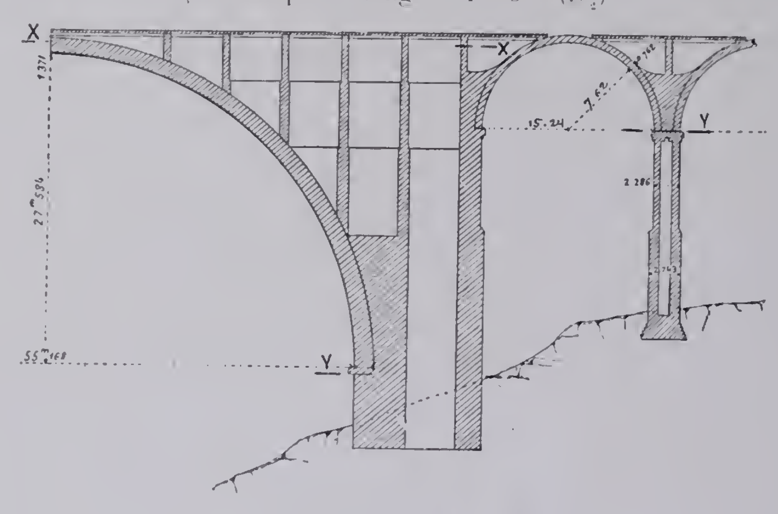
2. — On y lisait, en 1885 :
« *The Foundation Stone..... was laid according to the ancient usages of Masonry on the fifth day of september 1846....* »



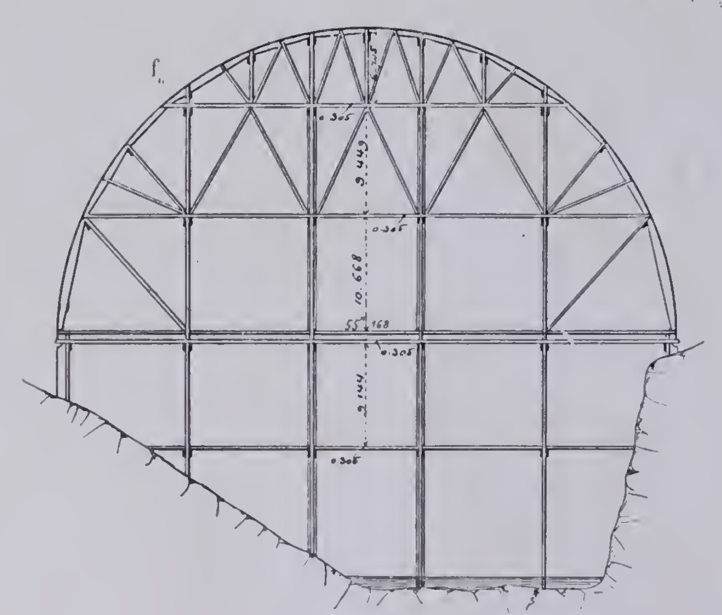
f₁ — Ensemble — 0mm75 (S'₂)

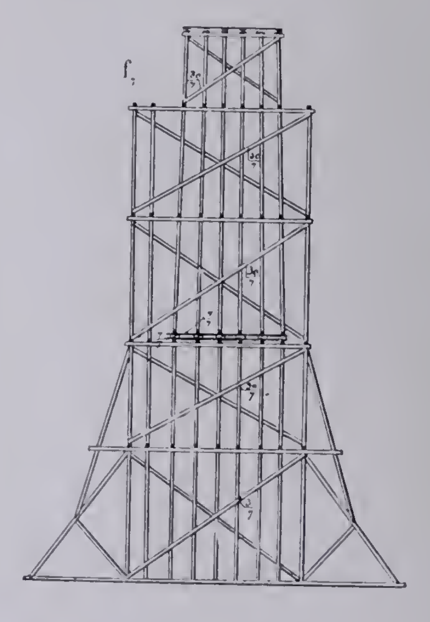


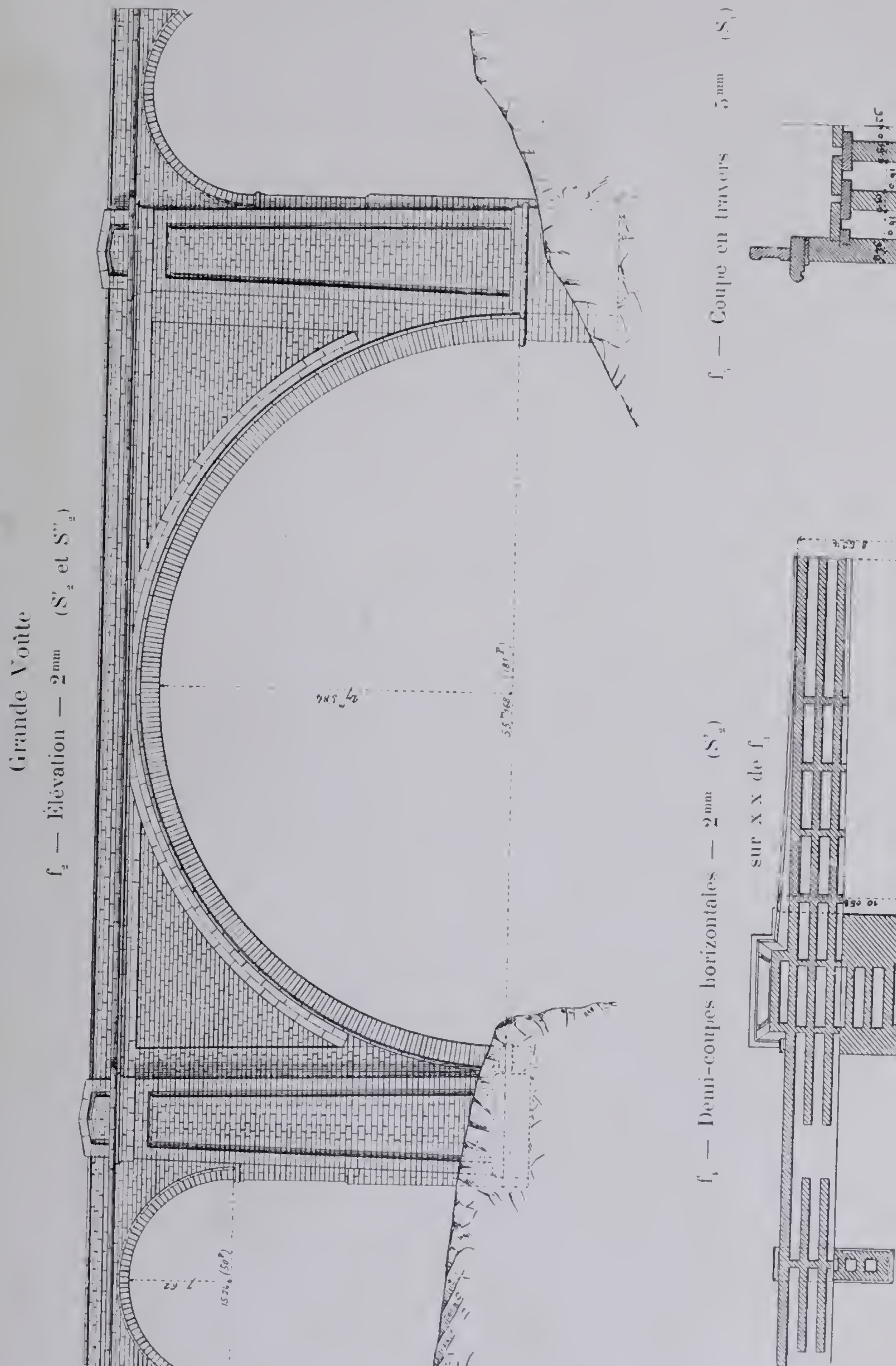
f₅ — Coupe en long — 1mm5 (S'₂)



Cintre — 1mm5 (S'₂)






Grande Voûte
f₂ — Élévation — 2mm (S'₂ et S''₂)
f₃ — Coupe en travers — 5mm (S'₃)
f₄ — Demi-coupes horizontales — 2mm (S'₂)
sur x x de f₂
sur y y de f₂

2. Ingénieur. — John Millar.

SOURCES :

S_1. — Hann and Hosking, — « *The Theory, Practice and Architecture of Bridges* », — texte, — supplément, p. 144 : « Plan, Elevation and Details of the Ballochmyle Viaduct, on the Glascow and South Western Railway. », atlas, pl. XXIX et XXX (Londres 1839-1852).

Hann et Hosking déclarent, qu'au moment où les planches de leur atlas étaient à l'impression, l'Ingénieur Millar, auteur du projet, leur fit savoir que, malgré ses promesses antérieures, il communiquait ses notes à un autre éditeur.

S_2. — Dessins d'exécution (S'_2) et Photographies (S''_2) gracieusement communiqués, en août 1908, par M. W. Melville, Ingenieur en Chef du « Glascow and South Western Ry » à Glascow.

PONT SUR LE GAVE D'OLORON A **OLORON** *(BASSES-PYRÉNÉES)*

Ligne de Pau à Oloron

1881-1882 $\quad$ **C**[1] F^{r} ($= 40^{m}$)2

Φ_1 (S_1)



1. Pourquoi on a fait une grande arche (S_1). — Les crues du Gave atteignent une hauteur de 5^m49, une vitesse de 4^m50. Il a paru difficile de fonder en plein lit.

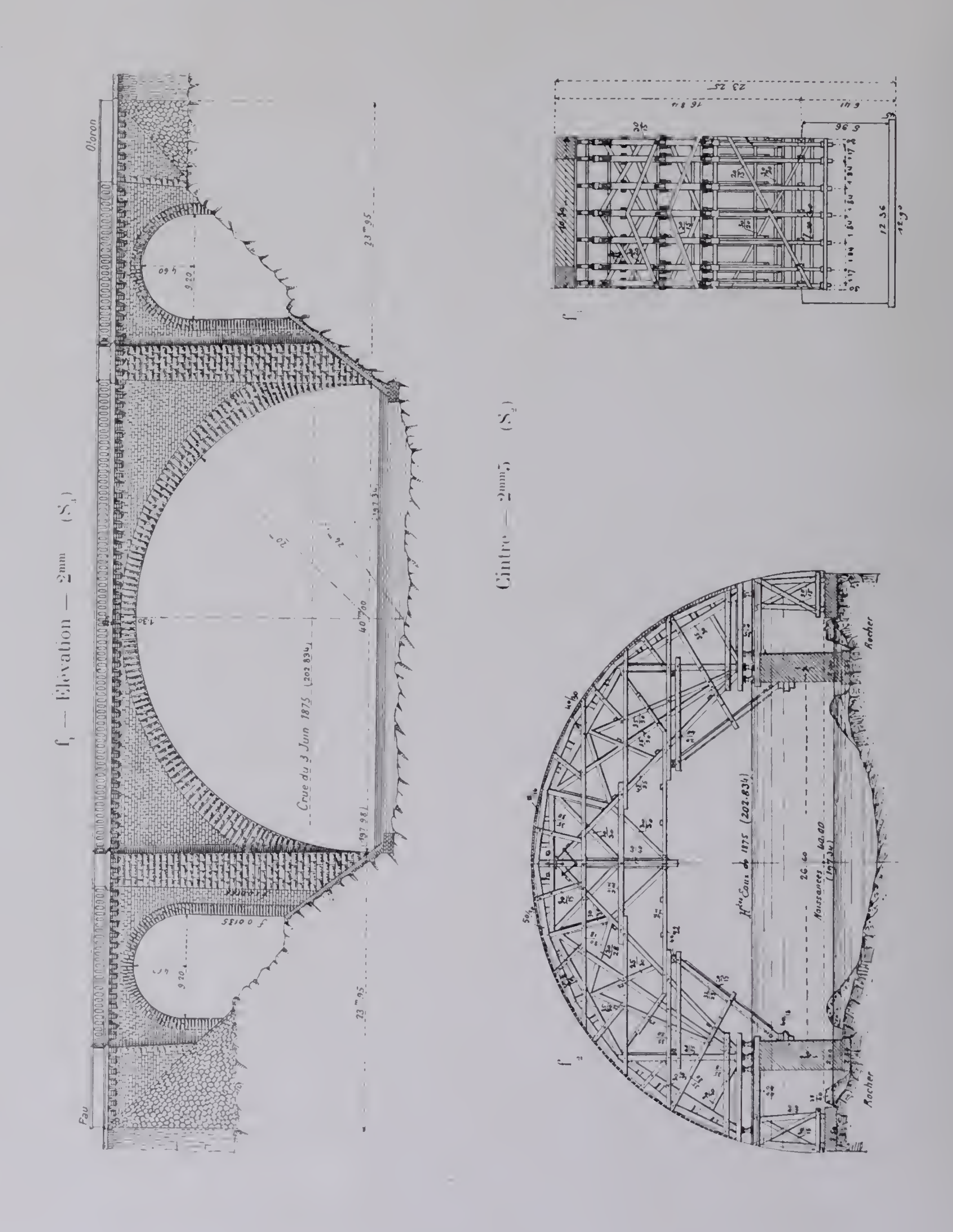
2. Aspect (S_1). — Les bandeaux à bossages ont les mêmes épaisseurs que la voûte (1^m30, 2^m60). C'est trop, aux reins.

Les pilastres qui encadrent le corps central sont maigres; ils coupent mal l'extrados de la voûte.

3. Personnel (S_1).

Ingénieurs { en chef : M. Lemoyne.
ordinaire : M. La Rivière.

Entrepreneurs : MM. Debat et Axat.



Élévation — 2mm (S1)
Oloron
Pau
Crue du 3 Juin 1875 (202 834)
23m95
Cintre — 2mm,5 (S2)
Rocher
Rocher
Naissances 40.00
26.40
23.25

SOURCES :

S_1. — *Notice sur l'exécution des travaux du Pont d'Oloron (Chemin de fer de Pau à Oloron).* — Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées. — 19 315 — C. 1030.

La monographie : « *Pont d'Oloron sur le Gave d'Oloron* », — Exposition. Paris, 1889. Notices. Travaux Publics. p. 770 à 775, est extraite de S_1.

S_2. — Dessins autographiés du cintre donnant les quantités, prix de revient...

S_3. — Dessins d'exécution et décompte définitif.

S_4. — Ce que j'ai vu — octobre 1909.

PONT DE RÉBUZO SUR L'AUDE *(AUDE)*

Ligne de Quillan à Rivesaltes[1]

1898-1900 C^1 F^r (40^m3

Φ_1 (S''_1)



1. Pourquoi on a fait une grande arche (S_2). — Le lit est encombré de gros blocs : il a paru difficile d'y fonder.

2. Aspect. — On a aveuglé le vide entre les piédroits des deux voûtes d'élégissement par 2 masques de 0^m60, en retraite de 0^m15 sur les têtes (S_2).

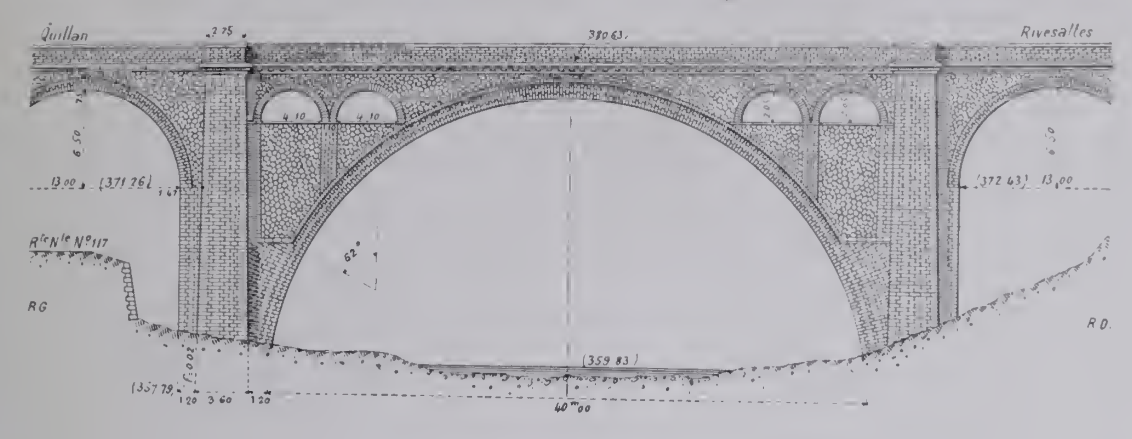
Cette étrange disposition est ainsi motivée par son auteur : elle « *allégit la* « *vue de l'ouvrage sans lui ôter de la fermeté ; elle abrite l'extrados des intempéries,* « *tout en rendant sa visite facile ; enfin, en cachant les reins de la voûte, elle permet* « *d'extradosser le bandeau sans lourdeur* » (S_2, p. 575).

Il aurait, cependant, fallu prendre parti : ou évider, ou ne pas évider.

3. Cintre (S_2). — Quelques palées (*a*) (f_1) reposent directement sur le rocher. Les pieds des montants, coupés d'équerre, sont descendus dans une alvéole, puis noyés dans du ciment.

1. — Près de la station de Saint-Martin-Lys, à 7k de Quillan.

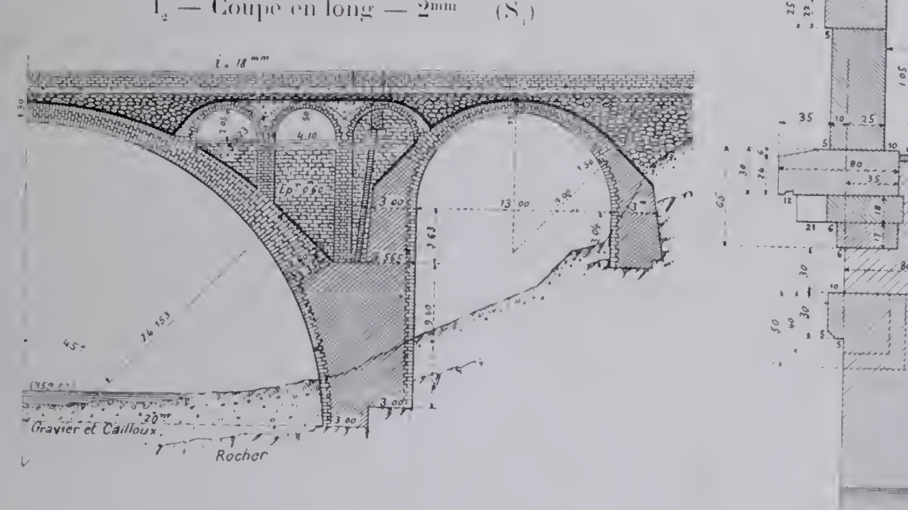
f_1 — Élévation — 2mm (S_1)

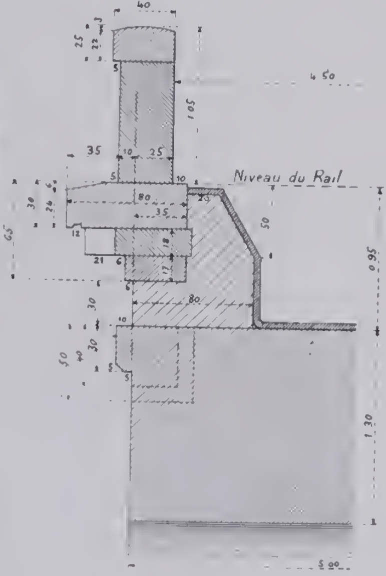


f_3 — Coupe en travers — 2cm (S_1)

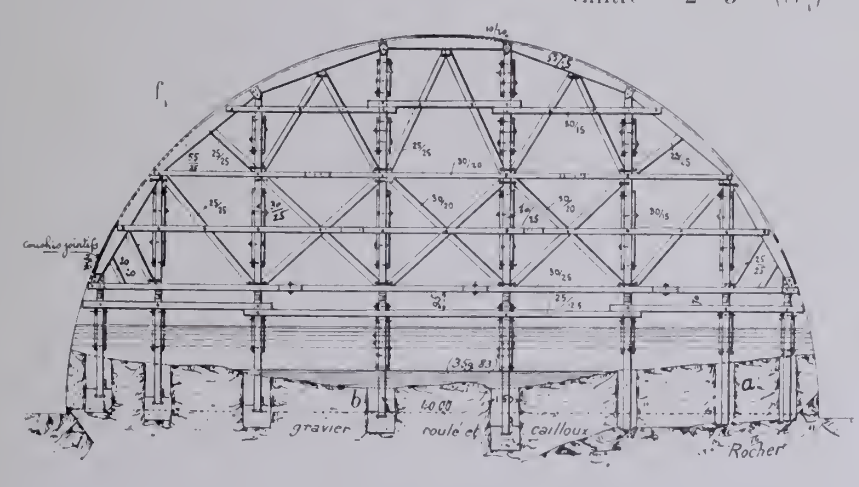


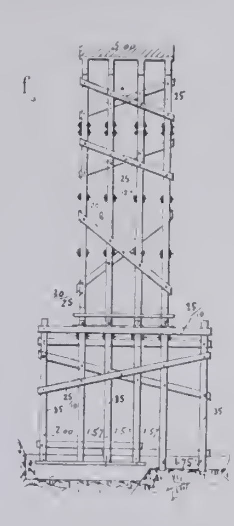
f_2 — Coupe en long — 2mm (S_1)





Cintre — 2mm5 (S'_1)





Pour les autres (*b*), qu'on ne pouvait battre dans de gros blocs, on a creusé, — en épuisant et blindant les parois, — des fouilles jusqu'à 2^{m}50 et 4^{m} sous l'étiage et établi au fond une plateforme en béton de 0^{m}60.

On détournait les eaux par un batardeau longitudinal, alternativement rattaché à l'un et à l'autre bord.

Le cintre était amarré aux rives par deux câbles.

4. Exécution de la grande voûte (S_2). — Voici les épaisseurs des rouleaux :

1er rouleau :	de 62° à 57°	1^{m}22	(3 moellons)
	de 57° à 40°	0 85	(2 moellons)
	de 40° à la clef	0 425	(1 moellon)
	moyenne	0 61	
2e rouleau :	épaisseur moyenne	1 34	

5. Dates (S_2).

Commencement des travaux	mai 1898
1er rouleau	27 février — 17 mars 1899
2e rouleau	» — 15 avril 1899
Achèvement du pont	février 1900

6. Dépenses (S_1). — totales[2] à l'entreprise, non compris les dépenses en régie .... 154.881 f 54

7. Personnel (S_2).

Ingénieurs { en chef : M. Bouffet (Projet et travaux).
ordinaire : M. Garau (Travaux).

Entrepreneurs : MM. Allary et Chevalier.

2. — D'après S_2, p. 579, l'ouvrage n'aurait coûté que 80.000 f.
D'après le décompte définitif, la dépense s'est élevée à :

Ouvrage proprement dit	87.991 f 52
Indemnité transactionelle	66.890 f 02
Total (à l'entreprise, régie non comprise)	154.881 f 54

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution et décompte, qu'a bien voulu me communiquer M. l'Ingénieur en chef Cornac.

S_2. — Exposition, Paris 1900, — Notices, Travaux publics, p. 574 à 580 : « *Viaduc de Rébuzo.* »

S_3. — Profil en long itinéraire de la ligne de Quillan à Rivesaltes, du 20 juillet 1904.

S_4. — Pièces gracieusement données par M. l'Ingénieur en chef Bouffet.

S'_4. — Dessins du cintre (1/100e).

S''_4. — Photographies.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

Série $C^{1} f^{r}$ $(> 40^{m})$

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	GRANDE VOÛTE Portée	ÉPAISSEURS CORPS Clef *Milieu de la montée*	TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg $\overline{0^{m}01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Solis** *Suisse* 1901-1902 **C**[1] f^r (40m)[1]	*163m* 0 86m	4m,00 *3m 70* Fruit 1/40 1m 20	**42m,00**	1m,40 *2m,10*	1m,40 *2m,10 à 60°*	Bandeaux : ME[1] gros bossages Douelle : ME[1] taille plate sauf aux retombées Queutage : MOV[1] Tout en calcaire *Ciment : 400k*	Pression maxima (avec surcharge / sans surcharge) Clef : 23k 2 / 19k 6 Joint de rupture : 20k 3 / 17k 1 Retombées : 17k 8 / 12k 7 (calculs faits pour une voûte de 40m) *Arc élastique* *Méthode graphique* *Ritter* 3 locomotives de 44t5 sur 10m345 et 2 fourgons de 16t5 sur 8m68 dans la position la plus défavorable. Variation de température de —15° à +10°	1° 6 voûtes transversales en plein-cintre de 3m50 sur piles de et 1m20 2° *Écusson à la clef*

1 — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6

A VOIE ÉTROITE

SÉRIE C[1] f^r (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0m01² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES: Type *Matière* Appareils de décintrement	FERMES: Nombre *Épaisseur* Ecartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses: Totaux	Cube de bois Poids de fer Dépenses: par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rocher en strates presque verticales	Retroussé sur 27m	4 *22c à 30c* 1m 15	200mc (bois équarri)	0mc 85	3 rouleaux de même épaisseur	Voûte nue	t_c = 51mm	Q = 3251mc Q : S_p = 4mc 98 Q : W = 0mc 24 Q : W' = 0mc 35 [5]
Schiste cristallin (Lias)	»		environ 2000k	8k 5	Dans chaque rouleau :	*21 jours*	t'_v 0	
..	»		15500f	66f 1	4 tronçons, 3 clavages simultanés		t''_v 0	D = 124 164f D : S_p = 190f 4 D : W = 9f 1 D : W' = 13f 5 [5] D : Q = 38f 2
Pression maxima 9k 8	Boites à sable	*100mm*				21 juin		
..								

Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

SÉRIE $C^1 f^r$ (40m)

MONOGRAPHIES

PONT SUR L'ALBULA A SOLIS[1] *(SUISSE)*

Ligne à voie de 1m de Thusis (Grisons) à Saint-Moritz (Engadine)[2]

1901–1902 $C^1 f^r$ (40m) 1

Φ (S.)



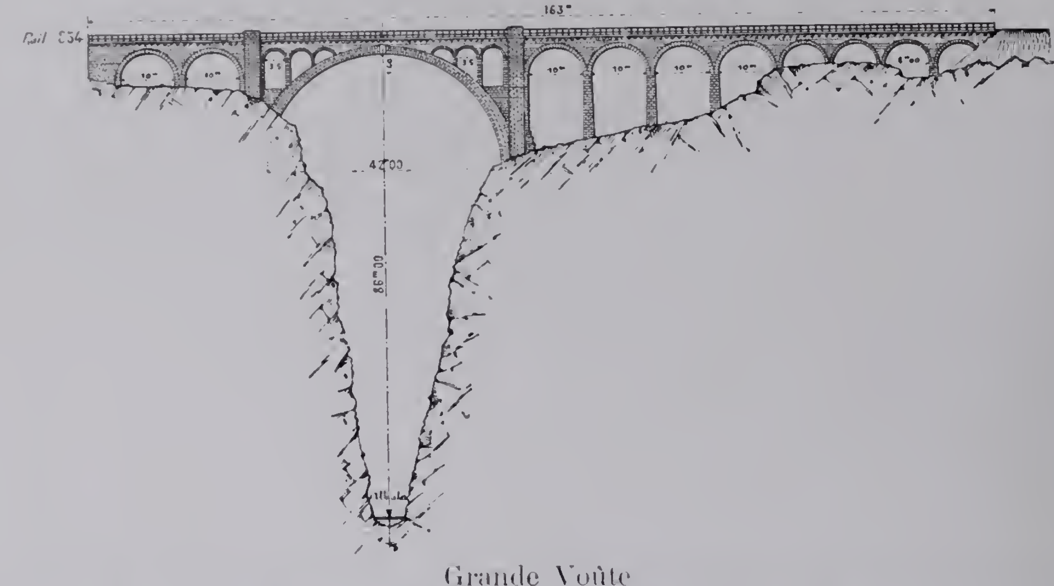
I. Aspect (S_6). — On n'a pas évidé assez bas le tympan aux reins de la grande voûte.

Les pilastres, la tablette sous garde-corps, le garde-corps, paraissent maigres.

1. — A 500m au-delà de la station de Solis, à 8 k 650 de Thusis (S_4).

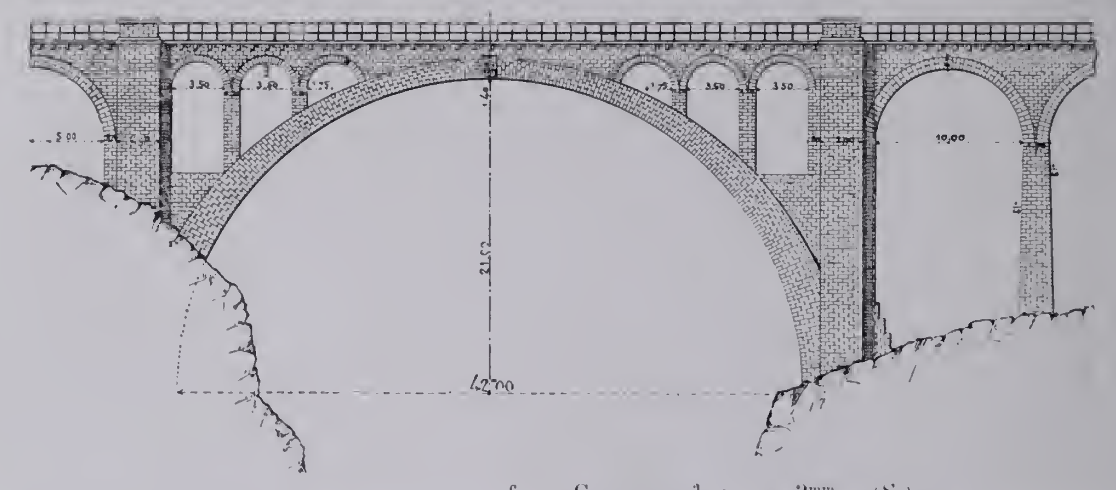
2. — Rhätische Bahn.

f_1 — Ensemble — $0^{mm}75$ (S_4 et Φ_1)



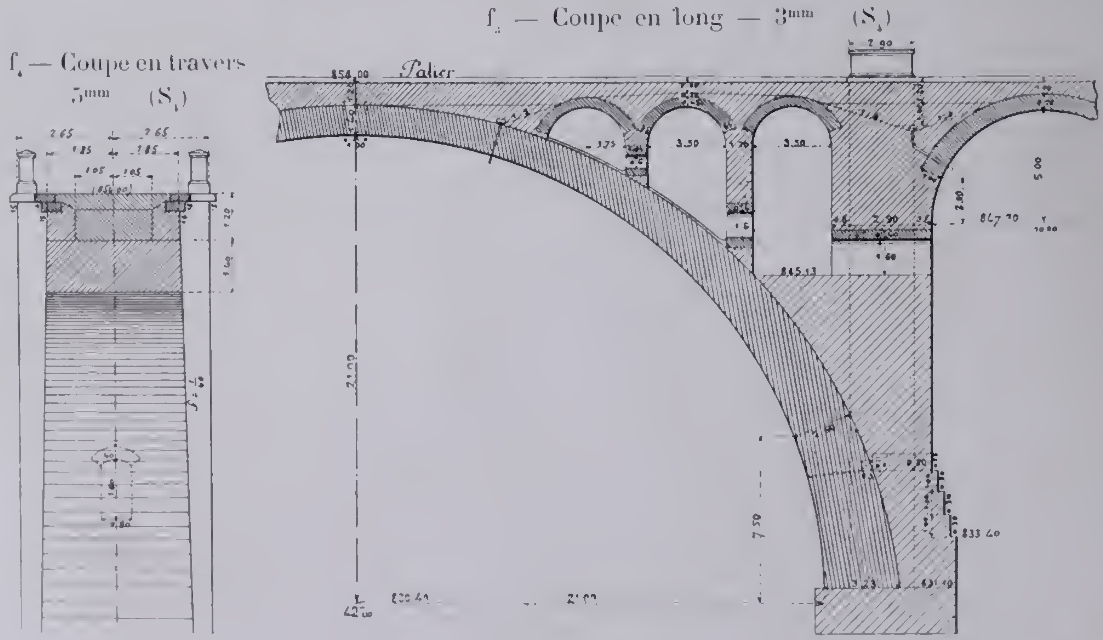
Grande Voûte

f_2 — Élévation — 2^{mm} (S_4 et Φ_1)



f_3 — Coupe en long — 3^{mm} (S_1)

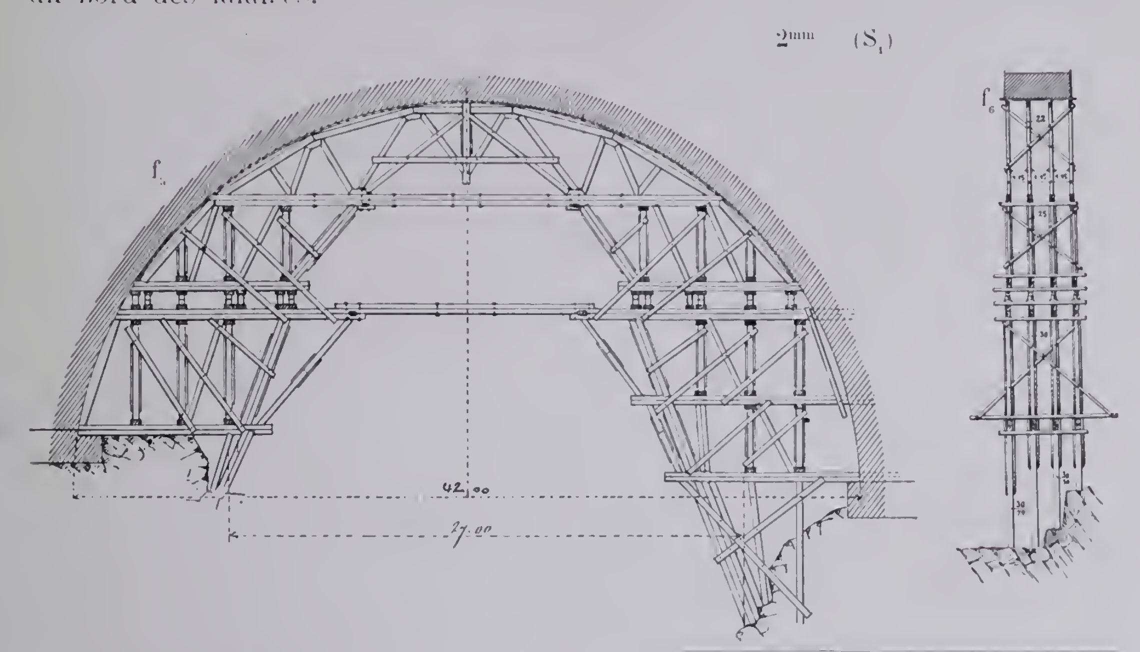
f_4 — Coupe en travers 5^{mm} (S_1)



On a, — comme il convenait, — traité très simplement l'ouvrage, surtout les viaducs d'accès.

2. Cintre. — Le cintre n'est retroussé que sur 27^m : la voûte en a 42. Il semble donc qu'on eût pu la réduire. Mais il a paru imprudent de l'appuyer près du bord des falaises.

2^{mm} (S_1)



3. Dépenses (S_3).

	Quantités	Prix d'unité	Prix total
Fouilles	$951^{mc}4$	3^f	2854^f20
Maçonnerie ordinaire	$2217^{mc}1$	15^f et 18^f	39624^f90
Maçonnerie assisée	$20^{mc}06$	34^f	682^f04
Maçonnerie de pierre de taille (PT) calcaire	$24^{mc}10$	60^f	
Maçonnerie de pierre de taille (PT) granit	$39^{mc}92$	150^f	8040^f
	$3^{mc}03$	200^f	
Maçonnerie de voûte, Moellons ordinaires lités (MOV)	$397^{mc}73$	28^f	11136^f44
Maçonnerie de voûte, Moellons équarris (ME)	$542^{mc}46$	55^f	29835^f30
Maçonnerie de voûte, Libages (L)	$6^{mc}37$	80^f	509^f60
Chape	326^{mq}	5^f	1630^f
Plus-value pour exécution de certaines maçonneries (bandeaux des voûtes, parements vus, etc.)	»	»	13158^f
Divers	»	»	3693^f40
Cintres : Fourniture (bois)	200^{mc}	25^f	5000^f
Cintres : Montage et démontage	»	»	8000^f
Total			124163^f88

4. Dates (S_1 — S_5).

Clavages	1er rouleau	10 mai 1902
	2e rouleau	20 — —
	3e rouleau	31 — —
Décintrement		21 juin 1902 (S_5)
Ouverture à la circulation		1er juillet 1902 (S_5)

5. Personnel.

Ingénieur en chef, Directeur des travaux : M. le Professeur Hennings (S_4).

Ingénieurs (S_5) { Projet : M. G. Albrecht ; (calcul : M. Hans Studer). Exécution : M. G. Albrecht.

Entrepreneurs : MM. Cayre et Marasi, de Turin (S_5).

Projet du cintre : M. Marasi (S_5).

SOURCES :

S_1. — Schweizerische Bauzeitung. — 16 janvier 1904, p. 29 à 32 ; — 23 janvier, p. 41 à 48 ; — 30 janvier, p. 60 et 61 : « *Die Neuen Linien der Rhätischen Bahn, — Die gewölbten « Brücken der Albulabahn.* »

S_2. — Revue Générale des Chemins de fer, — février 1905, p. 88 à 108 : « *Les nouvelles « lignes du Chemin de fer rhétique* », M. F. Rey, Ingénieur. (Extrait du Bulletin de la Suisse romande, — 25 décembre 1903).

S_3. — Copie du décompte de l'entreprise, qu'a bien voulu me communiquer M. Bosset, Professeur à l'École Polytechnique de Lausanne.

S_4. — *Projekt und Bau der Albulabahn, Denkschrift im Auftrage der Rhätischen Bahn* zusammengestellt von Dr. F. Hennings, Profr am Eidgenössischen Polytechnikum, seinerzeit Oberingenieur der Rhätischen Bahn — Coire 1908.

S_5. — Renseignements gracieusement communiqués par M. l'Ingénieur Hans Studer.

S_6. — Ce que j'ai vu — juillet 1908.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS ROUTE

Série $C^{n} r^{te}$ ($\geqslant 40^{m}$)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	ENSEMBLE Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDES VOÛTES Portée	ÉPAISSEURS — CORPS Clef { *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES { Clef / *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1m³ de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01^2}$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
d' **Ornaisons** *France* 1745-1752 **Cn** rte (40m)[1] *3 voûtes en plein-cintre : une de 12m 9 entre 2 de 19m 5*	*118m 90* 66mm 66mm »	{ 7m 92 / *8m 78* Pas de fruit »	**42m,9**		{ 1m,70 / » 	Bandeaux : PT[1] à crossettes (joints de 2mm)		1° » 2° *Petit cartouche à la clef*
de l' **Avenue du Connecticut à Washington** *États-Unis* 1899-1901 1904-1908 **Cn** rte (40m)[2] *7 voûtes en plein cintre : 5 de 15m 72, 2 de rive de 21m 993*	*408m 72* 0 40m	{ 15m 545 / » Pas de fruit 2m74	**45m,72**	{ 1m,524 / *2m,59*	{ 1m,524 / *2m 59 à 60°*	Bandeaux : Béton moulé (joints de 2mm) Corps : Béton coulé { *ciment 1vol* / *sable 2vol* / *pierre cassée 4vol 5*		1° Voûtes transversales en plein cintre, en béton armé, de 4m267 sur piles de 0m914 : 6, vues, au-dessus de chaque grande voûte ; 1, masquée au-dessus de chaque pile. 2° »

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE $C^n r^{te}$ (40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION — FONDATIONS	GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES		CINTRES					CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0^m01^2 *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	Cube de bois Poids de fer Dépenses par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
								D = 180 000 livres D : S_p = 191¹ D : W = 14¹
Rocher —4m50 à —12m sous le sol » »	Fixe *Pin* Coins sous les vaux	» *Étage supérieur 25c* *Étage inférieur 10* » »			Béton pilonné par tranches entre cloisons transversales Les 5 voûtes construites en même temps	Voûtes d'élégissement achevées *Voûtes faites au commencement de l'hiver, décintrées au commencement de l'été*	t_c (maximum pour les 5 voûtes) = 83mm t'_v < 2mm	D = 4 500 000f D : S_p = 708f0 D : W = 25f9

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — A 3. S_p = Longueur (col.) × Largeur entre parapets (col.) = C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE Cⁿ r^{te} (≥ 40^m)

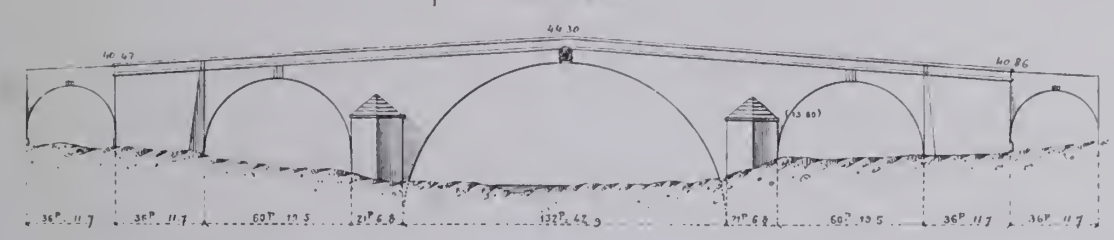
MONOGRAPHIES

PONT SUR L'ORBIEU, PRÈS D'ORNAISONS (AUDE)[1]

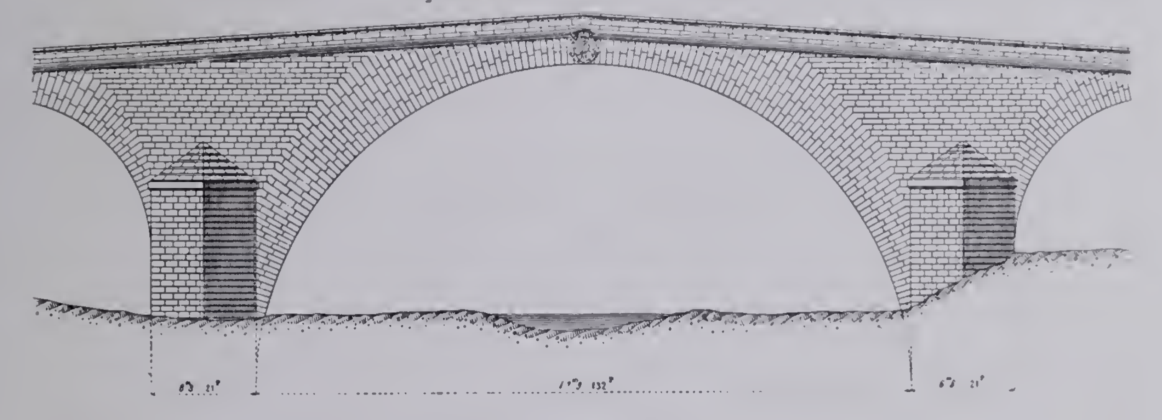
Ancienne route de Narbonne à Toulouse

1745-1752 Cⁿ r^{te} (≥ 40^m) 1

f_1 — Ensemble — 1^{mm} [2]



f_2 — Grande arche — 2^{mm} [2]



I. Dispositions à signaler (S_1). — Les piles entre deux voûtes très inégales, 42^m9 et 19^m5, n'ont que 6^m8 aux naissances.

Les becs triangulaires sont comme plaqués sur les larges tympans du pont : ils n'y sont point reliés. Ils facilitent peu l'entrée de l'eau.

1. — A quelque 6 k au Sud-Est de Lézignan (Station entre Carcassonne et Narbonne).

2. — D'après un dessin à 1/100 gracieusement communiqué par M. l'Ingénieur en chef Cornac, et, pour quelques détails d'appareil, d'après mes photographies.

M. Cornac a bien voulu faire vérifier, sur ma demande, en juillet 1907, la portée de la grande arche, 42^m9.

Gauthey donne, à tort, l'arche de Rumilly sur le Chéron (Savoie) (39^m — 1785), comme « *la plus grande arche en plein cintre... construite (au XVIIIe siècle) en France* » (Tome 1, p. 85).

L'angle de leur sommet est droit.

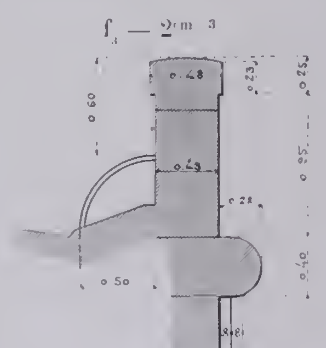
Φ_4 (S_4)



Les voûtes sont en pierre de taille dont quelques-unes très longues, — à joints très minces (2^{mm} environ).

Leur sommet est marqué, — pour les deux arches de rive —, par une clef et deux contre-clefs en saillie sur les tympans et non sur la douelle ; — à la grande arche, par un maigre cartouche portant la Croix du Languedoc.

f_4 — 2^{cm} 3



La corniche est un mince boudin sans larmier (f_4) ; dessous, l'eau a détérioré quelques pierres des tympans.

Elle se retourne autour des culées des voûtes de rive qui sont en saillie, et s'y arrête. L'ouvrage est ainsi bien détaché des murs d'accès, simplement crépis, sans corniche ni bahut.

On voit (avril 1908) quelques fissures des tympans aux reins des voûtes.

On paraît avoir déterminé d'abord l'emplacement des piles-culées et s'être ensuite imposé un plein cintre entre elles. Les hautes eaux ne commandaient pas cette revanche démesurée. Avec une anse de panier comme

3 — Relevé par M. de Dartein (S_4).

au pont de Toulouse, achevé depuis plus d'un siècle [4], on n'aurait pas eu de rampes de 66mm, ni tant de tympans, et on n'aurait pas enterré les naissances.

2. Historique et Exécution. — **Marchés de mars 1745 et février 1746.** — Le pont fut adjugé en mars 1745 au sieur Projet pour 100.000 livres, « *en blot et à fort fait* »[5] : mais quand on eut fondé l'une des piles et qu'on voulut travailler à l'autre, on s'aperçut[5] que le rocher rencontré n'était qu'une dalle mince.

On dut abandonner la fondation faite et changer le projet. C'est alors que de Carney proposa d'exécuter l'ouvrage tel qu'il est actuellement.[5]

Un deuxième marché du 23 février 1746[6] éleva le prix d'une somme de 66.000 livres « *moyennant laquelle il* (l'entrepreneur) *se chargeroit de rendre le pont* « *parfait, conformément aux nouveaux plans... et de se fournir les ceintres... à ses* « *périls, risques et fortunes sans pouvoir rien demander à la province sous aucun* « *prétexte, au-delà de cette somme, qui jointe avec le prix de la première adjudication* « *forme un total de cent soixante six mille livres.* »[7, 8]

1746. — On éleva les deux piles « *à une hauteur qui les met hors d'insulte* « *contre les crües d'eau.* »[9]

1748. — On a « *travaillé... à achever les piles et les culées jusques à la* « *retombée des arches, et ramassé grande partie de mattériaux à pied d'œuvre pour* « *pouvoir passer incessament les voûtes...* »[10]

1749. — Chute du grand cintre (août 1749). — « ...(le) *ceintre* (de la « grande arche)... *croula au mois d'aoust dernier* (1749) *lorsqu'on avait déjà posé* « *une partie des pierres de la voûte, sans qu'on aye pû scavoir... la cause de la* « *destruction de ce ceintre...*[11]

L'accident est survenu à la voûte « *dans le temps qu'on était prêt d'en poser* « *les clefs.* »[12]

« ...*feu M. Carné... avait fait les ceintres trop faibles pour porter tout le* « *poids de la voûte, qui tomba en ruine avant que la clef fut posée, et entraîna la* « *perte de 11 ouvriers.* » (S_2)

Le nouveau cintre étudié par Pitot[13], Directeur des Travaux publics de la

4. — 1542-1632.

5. — S_1 — Séance du 19 février 1746.

6. — Cette date est precisée dans S_1 — séance du 12 février 1750.

7. — S_1 — Séance du 25 février 1746.

8. — Les marches « *contenoient une renonciation expresse de la part de l'entrepreneur à toute* « *demande en augmentation du prix indemnité en plus value sous quelque cause ou pretexte que ce peut* « *être même de lésion enormissime et de moitié de juste prix.* » (S_1 — Seance du 13 fevrier 1754)

9. — S_1 — Séance du 5 décembre 1746.

10. — S_1 — Séance du 23 décembre 1748.

11. — S_1 — Séance du 12 février 1750.

12. — S_1 — Séance du 13 février 1754.

13. — Le 6 juillet 1726, Pitot avait remis à l'Académie des Sciences un Mémoire ayant pour titre : « *Examen de la force dont on se sert dans la construction des grandes voûtes, des Arches des Ponts, etc...* »

Il dit (page 217) : « *Je ne cherche pas ici la forme la plus parfaite qu'on puisse donner aux cintres,* « *ce que je me propose dans ce Mémoire est de chercher des règles pour connoître et calculer leur force...* » — Histoire de l'Académie Royale des Sciences (Paris, — Imprimerie Royale MDCCXXVIII), page 216 et suivantes, Pl 13 et 14.

Ce serait le 1er essai de calcul des *cintres* (Gauthey, tome II, p. 11).

Pitot aurait imité, à Ornaisons, le cintre « *dont Michel-Ange s'est servi fort heureusement pour construire la voûte de Saint-Pierre de Rome...* » (S_2).

Sénéchaussée de Beaucaire et Nîmes, était soutenu au milieu « *par une fausse pile* « *fondée sur pilotis.* » (S_2).

1752. — A la fin de 1752, le pont « *se trouve entièrement achevé et en état de* « *réception.* »[14]

Garipuy père (successeur de de Carney) et Pitot trouvent (en 1753) l'ouvrage « *parfaitement bien exécuté.* »[15]

En octobre 1760, les trois Directeurs des Travaux publics de la Province : Pitot (Beaucaire et Nîmes), Garipuy père (Carcassonne) et de Saget (Toulouse) constatent que « *le Pont ny les murs d'arenüe n'ont fait aucun mouvement depuis* « *les dres réparations qu'on y a fait en 1756 que par consequent il ny avoit* « *rien à craindre sur leur solidité, que les allarmes quon avoit eue a ce sujet n'ont* « *été occasionnées que par la vue des Lezardes qu'on aperçoit aux parapets en* « *passant sur le pont.* »[16]

3. Dépenses (en livres). — Marché du 23 février 1746, prix en bloc et à forfait 166.000

Supplément pour changements ordonnés en cours de travaux par de Carney (l'augmentation totale de dépense : 11.720 livres, 13 sous, 4 deniers, s'appliquait aussi au pont sur l'Auzon et aux accès de celui d'Ornaisons). — Avec M. de Dartein (S_3), je compte par aperçu 10.000

Indemnité accordée « *par grâce et sans tirer à conséquence.* »[17] 4.000

Total, non compris les avenues d'accès, environ 180.000

4. Ingénieur. — de Carney, — Directeur des Travaux publics de la Sénéchaussée de Carcassonne, de 1740 à 1752.

14. — S_1 — Séance du 18 novembre 1752.

15. — S_1 — Séance du 13 février 1754.

16. — S_1 — Séance du 11 décembre 1760.

17. — S_1 — Séance du 13 février 1754.

SOURCES :

S_1. — Procès-verbaux des Assemblées de Nosseigneurs des États de la Province de Languedoc, — extraits copiés sur les manuscrits déposés aux Archives de la Préfecture de la Haute-Garonne.

S_2. — Belidor : « *Architecture hydraulique* » 2e partie, — Tome second, p. 451, Paris Firmin-Didot, MDCCLXXXX.

S_3. — M. de Dartein : « *Etudes sur les ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs au XIXe siècle* », volume 3 : « *Ponts français du XVIIIe siècle — Languedoc*, p. 23 à 28, Pl. I et II.

S_4. — Ce que j'ai vu — avril 1908.

PONT DE L'AVENUE DU CONNECTICUT

SUR LE ROCK CREEK, A WASHINGTON *(ÉTATS-UNIS)*

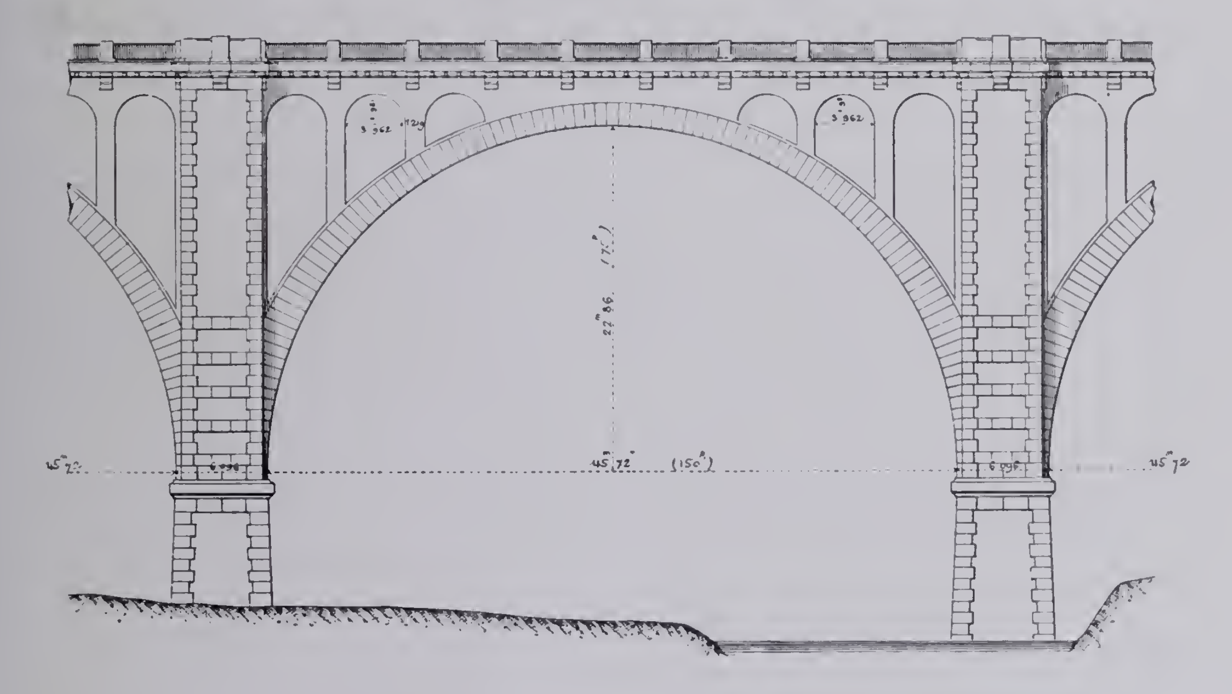
(1899-1901 $C^n r^{te}$ ($40^m,2$)
(1904-1908

f_1 — Ensemble — $0^{mm}4$ (S_2)

Voûtes N° 1 2 3 4 5

Piles N° 1 2 3 4 5 6

f_2 — Arche centrale — 2^{mm} (S_2)



I. Dispositions à signaler. — Tout est en béton.

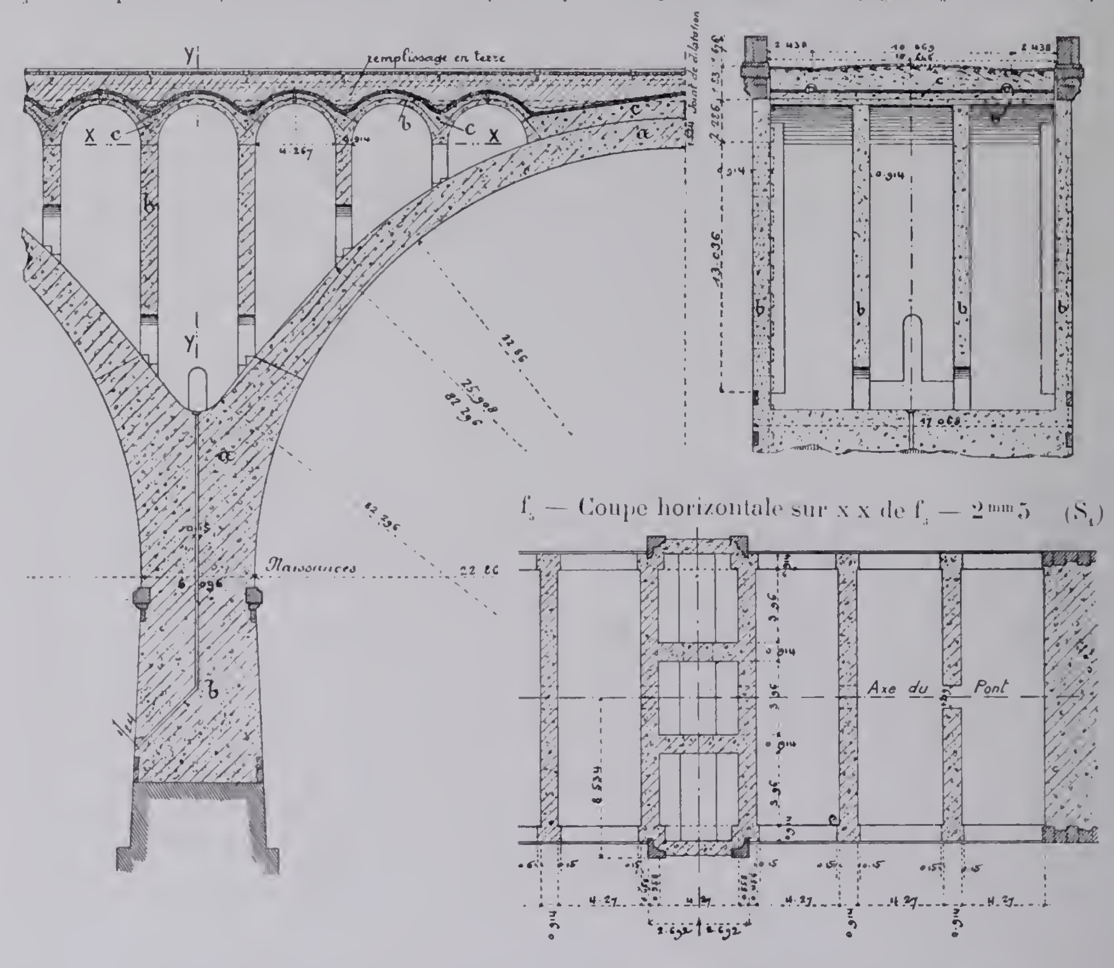
Sont en blocs de 0^m50 à 0^m70 d'épaisseur de béton moulé les bandeaux et les cordons des naissances, les angles des piles, leurs chaînes horizontales, les consoles de la plinthe et, d'une manière générale, ce qu'ailleurs on aurait fait en pierre de taille.

Tout le reste est en béton coulé en place.

Les parements vus, qui sont en mortier, sont faits en même temps que le béton, c'est-à-dire en place, pour le béton coulé ; — dans des moules, pour le béton moulé.

La voûte d'évidement au-dessus des piles est, en élévation, aveuglée par un rideau plein figurant un pilastre.

f_3 — Coupe en long sur l'axe — $2^{mm}5$ (S_1) f_4 — Coupe en travers sur y y de f_3 — $2^{mm}5$ (S_1)



f_5 — Coupe horizontale sur x x de f_3 — $2^{mm}5$ (S_1)

Sur le remplissage en terre de $1^{m}20$ (S_3), sont étalés : d'abord une couche de béton de 12^{cm}, puis un lit de poussier de charbon[1] de $3^{cm}9$, enfin, pour la chaussée, du macadam (S_3) que devait remplacer une couche d'asphalte de $3^{cm}9$ (S_2).

Les parements sont en mortier.

On y a employé :

pour les voussoirs de tête, au lieu de sable, de la diorite bleue pulvérisée (S_3), à 1 volume de ciment pour 3 de débris : ils sont gris bleu ;

pour les autres, du sable brun de rivière : ils sont rose-jaunâtre (S_3).

Les parements cachés des culées ont reçu deux couches de coaltar.

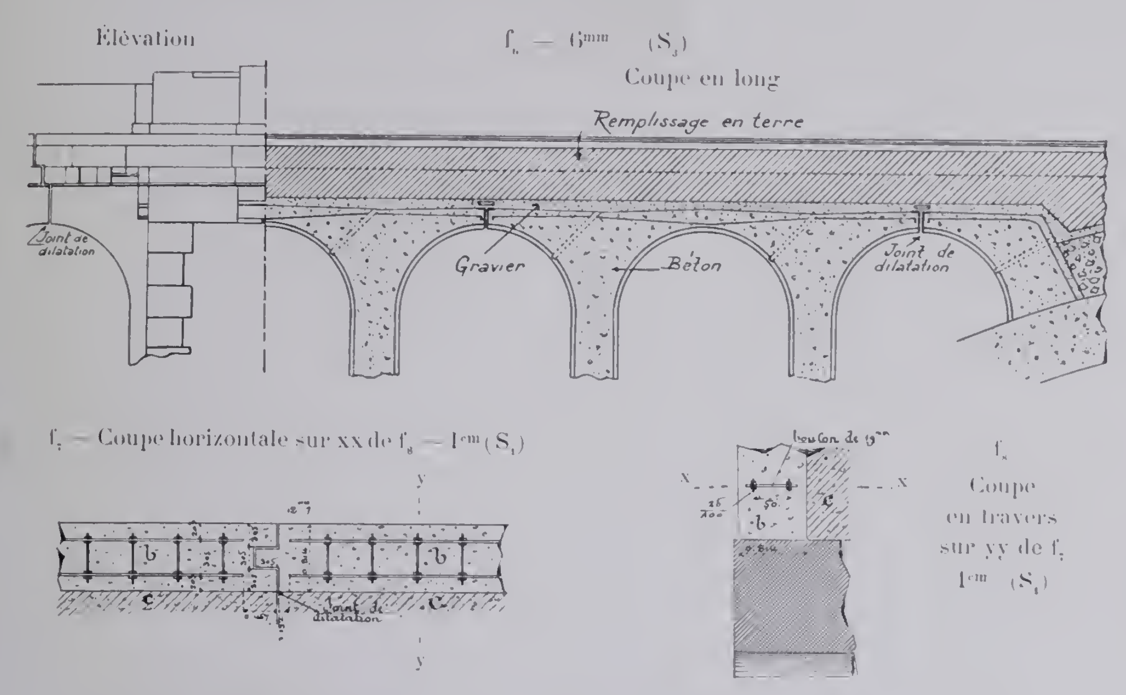
A l'entrée du pont, sont couchés deux grands lions en béton armé[2].

1. — « *cinders* ».

2. — Adjugés à 150 $ le yard cube en place (1017f le mètre cube), non compris les honoraires des sculpteurs. (Engineering News, 19 novembre 1908).

2. Joints de dilatation. — *A. – Dans les voûtes d'élégissement* (f_6, f_7). La clef d'une voûte sur deux (S_4) est coupée par un joint vertical de 2cm5 (S_5) provisoirement bouché, au moment de l'exécution, par du mortier de chaux.

On y a constaté des ouvertures de 3mm (S_3).



f_6 — 6mm (S_3) Coupe en long

f_7 — Coupe horizontale sur xx de f_8 — 1cm (S_1)

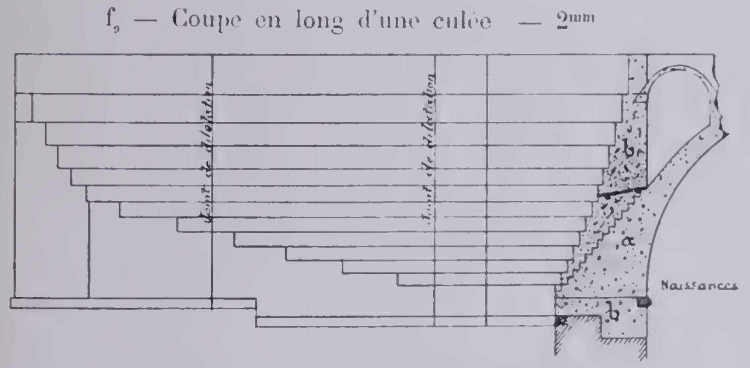
f_8 Coupe en travers sur yy de f_7 1cm (S_1)

Quand ces joints sont ouverts, les 1/2 voûtes voisines sont en porte-à-faux : on les soutient par deux fers horizontaux de 25mm/100mm disposés dans chacun des tympans, interrompus à chaque joint de clef et reliés transversalement par des boulons (f_6, f_7, f_8).

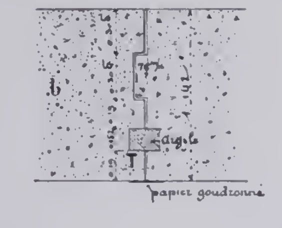
B. – Dans les murs en retour des culées (f_9, f_{10}) (S_2). — Les murs des culées sont coupés par deux joints verticaux à saillants et rentrants. Ces chicanes et le tympan d'argile T (f_{10}) doivent arrêter l'eau.

On y a constaté aux plus grands froids une ouverture de 4mm8.

f_9 — Coupe en long d'une culée — 2mm



f_{10} — Coupe horizontale d'un mur en retour — 2cm

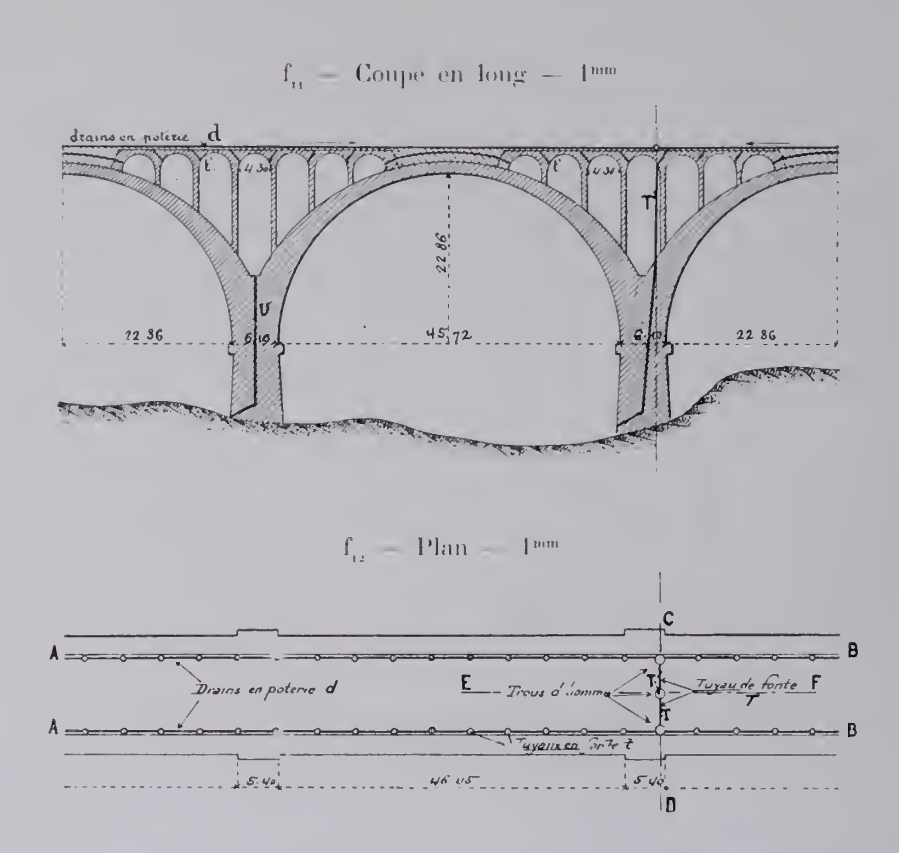


En juin 1905, ils n'avaient plus que 1mm6.

3. Écoulement des eaux (S_3). — *A. — Eaux recueillies dans les rigoles* (f_{11} à f_{14}). — L'eau des rigoles descend par des tuyaux *t* (f_{12}, f_{13}) dans deux drains longitudinaux en poterie *d*, de 0^m30, en pente de 0,66 à 1,6 %, — soit vers

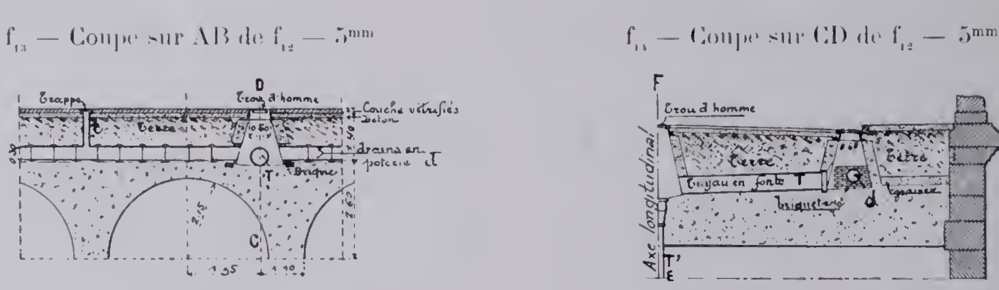
f_{11} — Coupe en long — 1^{mm}

f_{12} — Plan — 1^{mm}



f_{13} — Coupe sur AB de f_{12} — 5^{mm}

f_{14} — Coupe sur CD de f_{12} — 5^{mm}



les culées où elle est versée dans les égoûts, — soit vers la 4e pile, à un tuyau T' (f_{11}, f_{12}, f_{14}) qui les conduit au thalweg.

Les tuyaux *t*, T, T' sont en fonte.

B. — Eaux qui ont traversé la chaussée. — Elles descendent, par des tuyaux *t'* (f_{11}) placés aux reins des petites voûtes, d'abord sur l'extrados des grandes, puis sur le sol par des conduites U (f_{11}).

4. Dosage du béton (S_3, S_4). — Il est le même pour le béton moulé et le béton coulé.

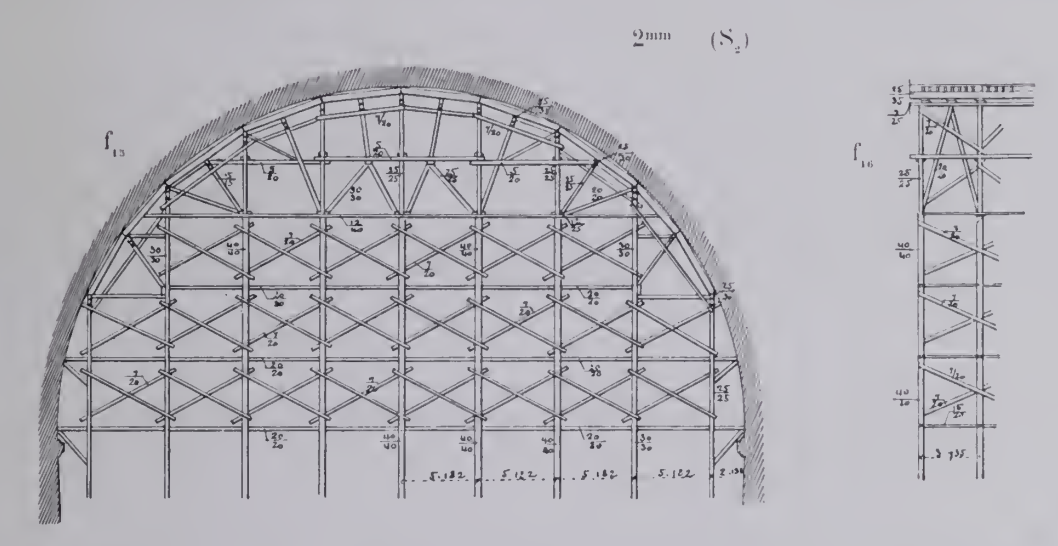
Classe	Ciment lent — 1 vol. et Sable	Diorite cassée
a	2^v	$4^v,5$
b	$2^v,5$	6^v
c	3^v	10^v
L'emplacement du béton de chaque classe est indiqué aux dessins f_3, f_4, f_7, f_8, f_9.		

Le béton était fait à la machine (S_3).

5. Cintres (f_{15}, f_{16}). — Les semelles et les coins sont en chêne, le reste en pin.

Les fermes reposent sur pieux de 5 à 6^m de fiche (S_3), sauf au voisinage du thalweg, où les palées s'appuient sur une plate-forme de béton étalé sur le rocher.

2^{mm} (S_2)



Un peu pour éviter l'incendie, beaucoup pour faciliter le décintrement, le cintre a été maintenu humide pendant la durée de la construction (S_3). Les bois demeurent ainsi gonflés : en séchant, ils se rétrécissent, et le décintrement se fait de lui-même.

6. Exécution. — *A. — Béton moulé.* — Dans les moules, le parement qui restera vu est en bas. S'il y a un autre parement, on le dispose sur une face latérale, jamais en haut, parce que le ciment tend à remonter et se fissure à la surface.

Le béton employé très humide a été très peu pilonné. (S_2, S_3).

Pour faire corps avec le béton qui, plus tard, sera coulé derrière, on a ménagé des trous dans la face supérieure des blocs. D'abord, on a creusé ces trous avant la prise : plus tard, on a enfoncé dans le béton frais des morceaux de bois qu'on retirait 12 heures après.

Φ_1 (S_5)



Les blocs moulés étaient couverts de toile, arrosés constamment, démoulés au bout de 3 semaines.

Après 30 à 60 jours de prise, on dressait les parements vus au marteau à main pour les parements soignés, au marteau à air comprimé pour les autres.

Il n'y avait aucune différence d'aspect et le dressage à la machine est beaucoup moins cher.

B. — *Béton coulé.* — On place d'abord les blocs en béton moulé, puis on pilonne le béton par tranches entre des cloisons en planches avec rainure et languette, reliées par des tirants.

On a exécuté ces tranches dans l'ordre des n^os du croquis f_{17} : 2 par jour, symétriques par rapport à la clef, chacune cubant 75^{mc} (S_3).

Le béton était coulé mou : il a donc été très peu pilonné (S_3).

Les voussoirs, dans la région de la clef, tenaient seuls, par adhérence (S_3) ;

aux reins, on les soutenait par des étais en bois : en même temps, on coulait des étais en béton qui les remplaçaient, une fois pris (S_3).

Grâce à ces ouvertures, les voûtes pouvaient, sans se fendre, suivre les mouvements du cintre.

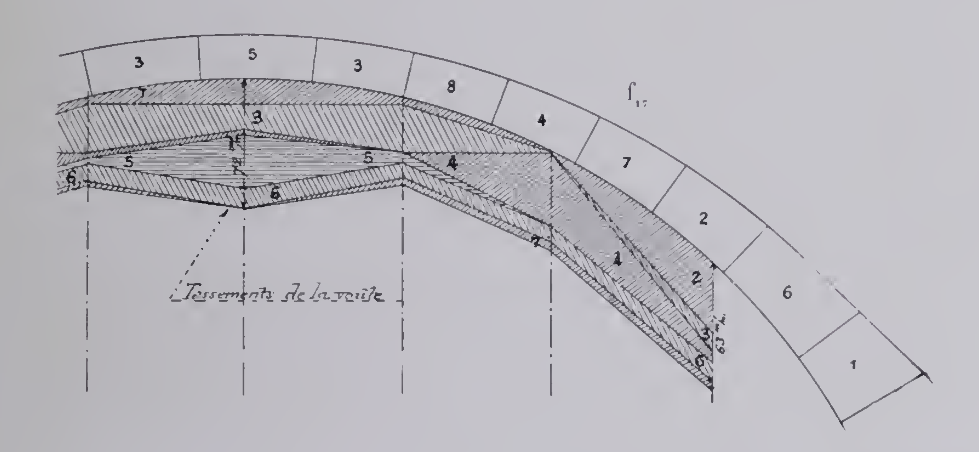
Après la prise, on a enlevé les cloisons et fiché les intervalles.

Pour empêcher le mortier posé en hiver de geler, on fixait du papier goudronné contre les moules : on ménageait ainsi une gaîne d'air dont la température était de 15° Fahrenheit supérieure à la température extérieure.

7. Tassements du cintre pendant la construction (S_3).

— Le croquis f_{17} indique les tassements observés à la voûte n° 5 (f_1) pendant la pose de chaque couple de voussoirs symétriques.

Le tassement maximum pour les 5 voûtes a été de 83mm (S_3).



8. Quantités (S_3).

	Quantités	Prix de l'unité	
Portland	9.150 mc	50 f	la tonne
Sable	23.000 mc	6 f	le mètre cube
Pierre concassée	62.000 mc	7 f 80	—
Bois pour cintre	2.500 mc	110 f	—

9. Salaires (pour une journée de 8 heures) (S_3).

Manœuvres	9 f
Charpentiers	15 f 50
Mécaniciens	18 f 20
Limousinants et tailleurs de pierre	20 f 80
Contremaîtres	23 f 50

10. Durée des travaux (S_2).

Fondations.............. 1899-1901.
Élévation................ 1904-1908.

11. Ingénieurs (S_2).

Projet. — Feu George S. Morison ; — puis : Colonel J. Biddle et les majors H. C. Newcomer et J. J. Morrow.

Travaux. — M. W. J. Douglas, « Engineer of Bridges, District of Columbia » ; M. F. A. Perley, « assistant ».

Directeur de l'Entreprise. — M. Ottomar Stange.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution, qu'a bien voulu me remettre l'Entreprise à Washington en 1905.

S_2. — Engineering News, 1er juin 1905, p. 571 à 573 : « *The Connecticut Avenue concrete « arch bridge at Washington, — D. C.* »

Cet article a été fait avant la construction des voûtes.

S_3. — Génie Civil, 5 septembre 1908, p. 313 à 316. — pl. XIX : « *Viaduc en béton de « Connecticut Avenue* » à Washington (États-Unis). — M. Alfred Jacobson (d'après les renseignements fournis par M. Douglas, Ingénieur du District de Colombie).

S_4. — Engineering Record, 16 février 1907 : « *The Connecticut Avenue Bridge « Washington, D C* ».

S_5. — Renseignements et photographies qui m'ont été gracieusement envoyés par M. Douglas, juillet et août 1909.

Ce dont la source n'est pas spécifiée est de S_2.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $C^{n}F^{r}$ $(\geqslant 40^{m})$

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER

PONT	PROJET							
	ENSEMBLE		GRANDES VOUTES					
				ÉPAISSEURS		MATÉRIAUX	PRESSIONS	
PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	*Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	Portée	CORPS { Clef / *Milieu de la montée*	TÊTES { Clef / *Reins*	*Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	en kg 0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Nogent** **sur Marne** *France* 1855–1856 **C**n Fr (⩾ 40m)[1] *31 arches en plein-cintre :* *4 de 50m,* *5 de 15m sur la rive gauche,* *25 de 15m sur la rive droite*	*827m 88* 27m50	{ 8m,00 / *8m,90* Pas de fruit 1m20	50m,00	{ 1m,80 / *3m,70*		Bandeaux : PTt d'Euville Douelle : Meulière piquée de Sif (Seine-et-Oise) Queutage : Meulière brute Tirants en fer entre têtes	Pression moyenne aux naissances : 7k,4	1° 4 étages de voûtes longitudinales en plein cintre, toutes visitables. (Pieds-droits à l'aplomb des rails.) 2° *Clef et contre-clef*

1 Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6

A VOIE NORMALE SÉRIE $C^n F^r$ (40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0m01² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses Totaux	 par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t_v après t''_v
10	11	12	13	14	15	16	17
Gravier — 6m à la pile-culée rive droite, — 8m50 aux 3 piles en rivière et à l'autre pile-culée Pression moyenne 7k1 *Béton immergé*	Fixe » Roulettes sur surfaces de vis	7 *30m* de rive 0m95 intermédiaires 1m70			3 rouleaux	» » Chaque arche a été décintrée en 1 heure 1/2	« aucun effet sensible au décintrement » ($S_?$)

CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D — Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]. (18)

	Fondations	Élévation	Ensemble
Grand pont			
Q	17478mc	23413mc	40891mc
Q : S_p	9,26	12,41	21,67
Q : W	0,34	0,46	0,80
D	1202819f	1826237f	3029056f
D : S_p	637f1	967f3	1604f4
D : W	23 9	36 4	60 3
D : Q	68 9	74 9	74 1
Ouvrage entier			
Q	28157mc	61190mc	89347mc
Q : S_p	4,25	9,23	13,48
Q : W	0,18	0,39	0,57
D	1681640f	3692417f	5374057f
D : S_p	253f9	557f4	811f3
D : W	10 8	23 8	34 6
D : Q	59 7	60 3	60 1

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3). — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — *E*.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $C^n F^r (> 40^m)$

MONOGRAPHIES

PONT SUR LA MARNE A NOGENT-SUR-MARNE *(SEINE)*

Ligne de Paris à Mulhouse

1855-1856 $C^n F^r (> 40^m) 1$

Φ_1 - aval (S_3)



1. Dispositions à signaler. — En élévation, le rapport du vide à la surface totale est de :

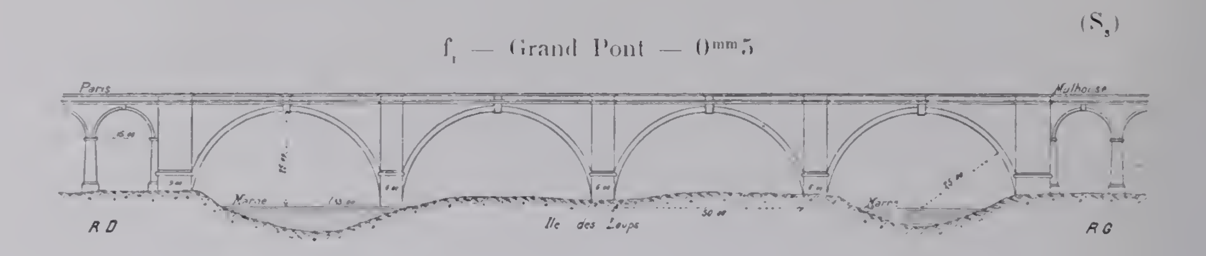
0,62 pour les viaducs d'accès ;

0,55 pour le grand pont.

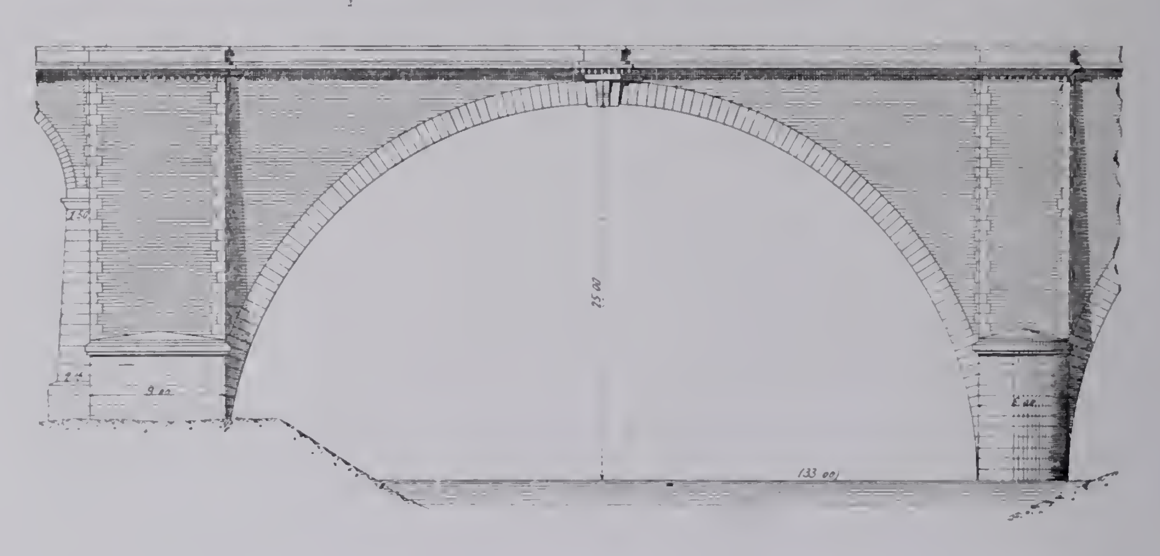
Le grand pont a trop de tympans : leurs pilastres n'en sauvent pas l'aspect (S_3).

(S_3)

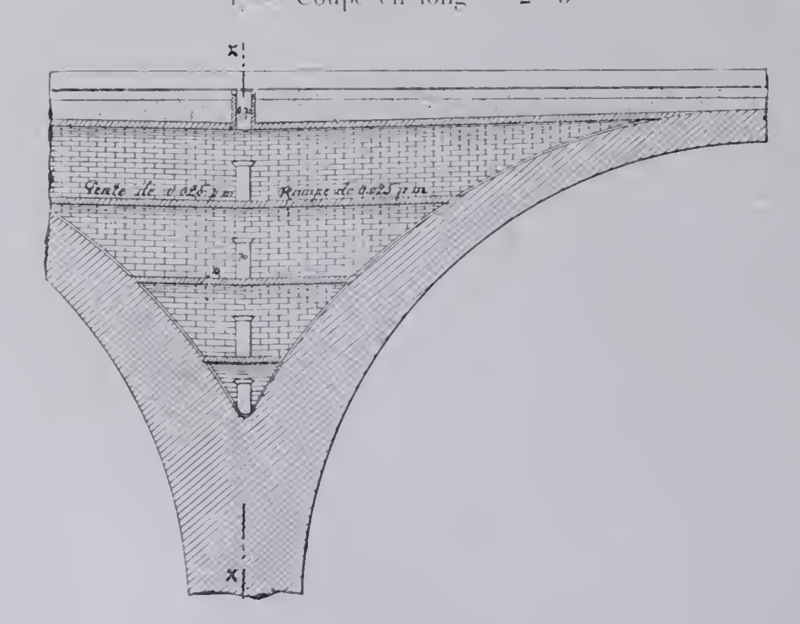
f_1 — Grand Pont — 0mm5



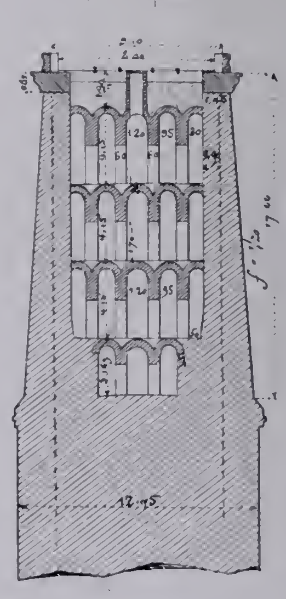
f_2 — Grande arche de rive droite — 2mm



f_3 — Coupe en long — 2mm5



f_4 — Coupe en travers sur x x de f_3 — 2mm5

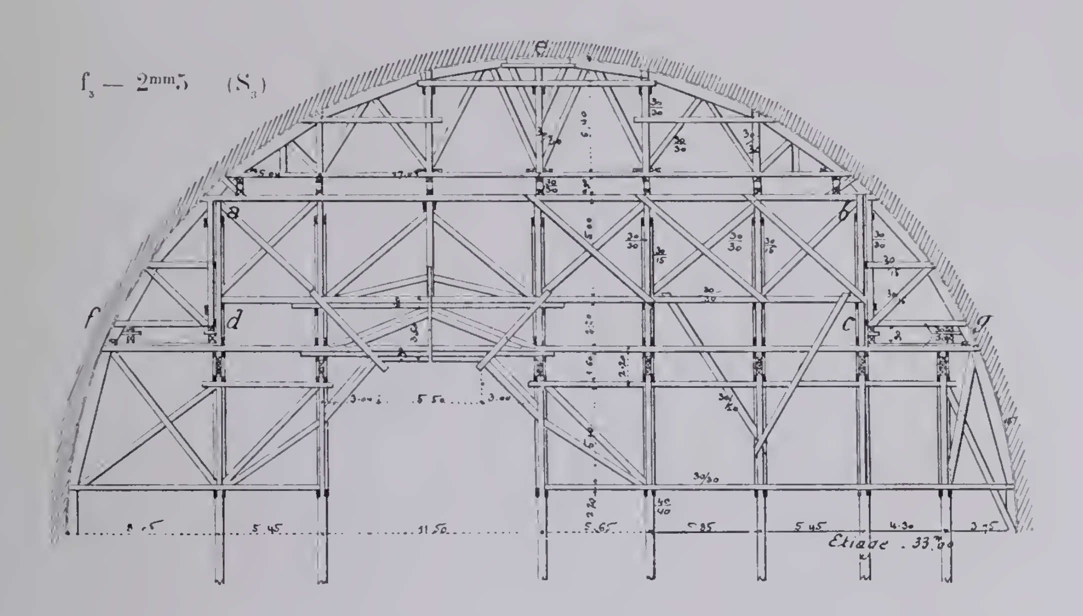


Il y a des refuges aux piles et aux clefs des grandes voûtes.

La pile en rivière (rive droite) a, seule, des becs ; aux deux autres on a, par symétrie, simulé un chaperon.

2. Cintres. — Aux cintres des arches sur les deux bras de la Marne, il y avait, sur une des moitiés, une passe marinière comme l'indique le dessin f_3. — Aux deux autres, les deux moitiés étaient pareilles, sans passe (S_3).

f_3 — $2^{mm}5$ (S_3)



Chaque ferme se compose d'une partie rectangulaire fixe *abcd* et de 3 segments *aeb* (133 tonnes), *afd* (21 tonnes), *bgc* (21 tonnes), reposant par des roulettes sur des appuis en fonte à surface supérieure hélicoïdale en pente de 1/10, reposant eux-mêmes sur des galets.

Pour décintrer, on a fait tourner ces appuis (S_2).

3. Fondations (S_3). — A la pile en rivière (1re pile, côté Paris), on descendit jusqu'à 8^m50 sous l'étiage un caisson en tôle, en fruit de 4,5 °/₀, dont l'épaisseur augmentait avec la profondeur (de 3^{mm} à 10^{mm}), pesant 69 tonnes. Au fond, on coula du béton sur 3^m50 ; puis on épuisa.

En haut du massif de fondation, il y a un ressaut de 2^m.

De chaque côté, on a fondé sur le même massif de béton immergé la pile-culée du pont et la première pile du viaduc d'accès.

Voici le dosage du béton :

Mortier *(chaux, 1 vol. ; sable, 2 vol.)*.... 4 vol.
Cailloux lavés.......................... 7 vol.

4. Quantités et dépenses (S_2).

	Pont seul		Tout l'ouvrage	
	Quantités	Dépenses	Quantités	Dépenses
Fondations				
Terrassements	53.800 mc 40	98.538 f 65	69.929 mc 13	131.745 f 77
Dragages	51.182 mc 99	289.542 f 72	51.182 mc 99	289.542 f 72
Charpente	752 mc 49	87.900 f 58	1.409 mc 72	141.718 f 96
Fers	105.359 k 60	129.449 f 92	105.359 k 60	129.449 f 92
Béton	13.989 mc 46	227.724 f 43	18.067 mc 38	294.322 f 79
Maçonnerie	3.458 mc 24	132.165 f 31	10.089 mc 24	392.949 f 03
Enrochements	10.985 mc 97	122.695 f 32	10.985 mc 97	122.695 f 32
Epuisements	»	29.811 f 00	»	90.412 f 50
Divers	»	84.990 f 61	»	88.803 f 24
		1.202.818 f 54		1.681.640 f 25
Elévation				
Libages	»	»	130 mc 34	5.796 f 05
Pierre de taille	3.480 mc 97	411.600 f 65	9.497 mc 64	1.156.035 f 08
Meulière piquée	1.830 mc 05	168.755 f 39	6.707 mc 41	566.827 f 67
Remplissage	12.281 mc 96	531.530 f 68	33.157 mc 57	993.571 f 90
Voûtes de décharge	3.495 mc 45	119.152 f 04	4.833 mc 62	146.107 f 37
Chapes et enduits	15.110 mq 78	55.944 f 30	21.790 mq 79	91.751 f 23[1]
Cintres, échafaudages, pont de service	8.262 mc 63	537.981 f 06	»	726.252 f 37
Divers	»	1.273 f 12	»	6.075 f 33
		1.826.237 f 24		3.692.417 f 00
Dépense totale		3.029.055 f 78		5.374.057 f 25

5. Personnel.

Ingénieurs : MM. Vuigner, Ingénieur en Chef de la Cie de l'Est ;
Collet-Meygret, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur Principal de la Construction (3e Division) ;
Pluyette, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur de la Construction (3e Division — 1er arrondissement).

Entrepreneurs : MM. Parent et Schacken.

1. — De 1908 à 1901, on a refait la chape. — Dépense : 85.065 f.

SOURCES :

S_1. — Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, — janvier 1857, p. 31 à 43, — Pl. 94 à 96 : « *Description des travaux du viaduc de Nogent-sur-Marne (Ligne de Paris à Mulhouse) construit sous la direction de M. Pluyette, Ingénieur des Ponts et Chaussées.* »

S_2. — *Notice sur le viaduc de Nogent-sur-Marne, — 1862, — M. Pluyette.* — (Adressée le 9 septembre 1862 aux Annales des Ponts et Chaussées, non insérée) (Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées, — Manuscrits, 1766).

S_3. — Dessins résultant d'attachements, et observations conservés aux Archives de la Cie de l'Est.

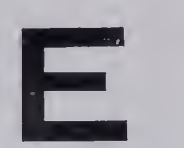
S_4. — Morandière. — *Construction des Ponts.* — Description de l'ouvrage, p. 404, Pl. 88, fig. 1 à 7 ; — Cintre et appareil de décintrement, p. 492, Pl. 132, fig. 12 à 17.

S_5. — Ce que j'ai vu — août 1905.

VOÛTES INARTICULÉES

EN

ELLIPSE



VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS ROUTE

Série E^1 r^{te} (40^m)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole 1	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage 2	*Largeurs* entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados 3	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée / *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances* 4	ÉPAISSEURS — CORPS Clef / *Milieu de la montée* 5	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef / *Reins* 6	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1 mc de sable, de chaux ou de ciment* 7	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées 8	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES* 9
de **Vizille** *France* 1751-1766 E[1] P[le] (> 40m) 1	*58m 75* » 15m	9m 10 *9m 75* » 0m54 dont 0m20 de MOH [1]	Anse de panier à 3 centres 41m,08 *11m 82* 1/3,47 = 0,288 *37m 80* *8m 92*	2m,35 *Épaisseur moyenne uniforme*	2m,35 *Épaisseur moyenne uniforme*	Bandeaux : PT [1] Douelle : PT Calcaire		1° » 2° *Clef en saillie*
de **Lavaur** (Vieux Pont) *France* 1773-1791 E[1] P[le] (> 40m) 2	*109m* » 26m50	8m 86 *9m 75* Pas de fruit »	Anse de panier à 3 centres 48m,726 *19m 49* 1/2,5 = 0,40 *28m 261* *16m 445*	2m,924 *Épaisseur uniforme*	2m,924 *Épaisseur uniforme*	PT [1] appareillée sur les 6 faces. Grès mollasse tendre *Chaux grasse*		1° » 2° *Archivolte*
de **Gignac** *France* 1776-1810 E[1] P[le] (> 40m) 3	*174m 76* » 20m	autrefois 8m 78 aujourd'hui 9m 20 *9m 80* Pas de fruit »	Anse de panier à 3 centres 48m,42 *16m 23* 1/2,98 = 0,335 *35m 891* »	2m,28 »	1m,95 »	PT [1]		1° » 2° *Archivolte*
de **Gloucester** *Angleterre* 1826-1827 E[1] P[le] (> 40m) 4	*86m* » 14m	7m 62 *8m 331* Pas de fruit »	Ellipse 45m,72 *10m 67* 1/4,285 = 0,232 *49m 04* *1m 08*	1m,371 1m,676 *aux naissances*		PT [1]		1° 4 murs longitudinaux de 0m61 2° *Voussure*

1. Pour le sens des abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE E[1] r[te] (⩾ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D
FONDATIONS	GRANDE VOÛTE							
	CINTRE				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	
	FERMES		Cube de bois, Poids de fer, Dépenses					
Nature du sol / Profondeur sous l'étiage / Pressions sur le sol en kg 0m01² / *Procédé*	Type / *Matière* / Appareils de décintrement	Nombre / *Épaisseur* / Écartement d'axe en axe / *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du pont / *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* / Date	sur cintre t_c / au décintrement t'_v / après t''_v	Totaux et par unité de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
» » » *Pilotis*	Retroussé, appuyé au milieu » »		» » 16530 Livres	» » 38 L				D = 268 196 livres D : S_p = 501 L D : W = 33 L
Mollasse (Tuf) » » »	Fixe *Maçonnerie* »		» » 65000 Livres	» » 119 L		» *1145 jours* »	t'_v 65mm	D = 646 993 livres D : S_p = 770 L D : W = 28 L
Tuf −8m et −9m » *Épuisements*	Fixe *Maçonnerie* Coins sous les couchis		» » 60000 Livres	» » 118 L				D = 1 030 000 livres D : S_p = 641 L D : W = 26 L
Gravier » » *Épuisements* *Grillage*	Fixe Montants et contrefiches » Coins (1 mobile entre 2 fixes)					Tympans et murs longitudinaux élevés jusqu'à 2 assises au dessous de la clef » »	t_c 25mm t'_v 51mm t''_v 200mm	D = 1 094 036f (Pont et abords) D : S_p = 1623f7 D : W = 124f9

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.
3. S_p — Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W — Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole 1	PROJET — ENSEMBLE *Longueur entre bouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au dessus du sol ou de l'étiage 2	*Largeurs* entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados 3	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances* 4	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Milieu de la montée* 5	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins* 6	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment* 7	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01^2}$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées 8	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES* 9
de **Fium'Alto** *France* 1862–1863 $E^1\ r^{de}\ (> 40^m)^5$	*66m 77* 25mm 25mm 14m	3m 40 *6m 00* Pas de fruit »	Anse de panier à 3 centres **40m 00** *10m 48* $\frac{1}{3,82} = 0,263$ *28m 269* *7m*	**1m 76** *2m 76* *aux naissances*	1m 76 *2m 76* *aux naissances*	Assises de clef et contre-clefs : PT [1] ; Bandeaux : L [1] : Douelle : MOV [1] : Calcaire à 300k *Ciment de la Méditerrance* — Queutage : MOV [1] à 150k *Chaux du Teil 377k*		1° Pas d'évidements 2° »
Annibal *Italie* 1868–1870 $E^1\ r^{de}\ (> 40^m)^6$	*130m* » 17m	3m 51 *6m 61 en douelle* Pas de fruit »	Anse de panier à 5 centres **55m 00** *14m 02* $\frac{1}{3,92} = 0,256$ *57m* *9m 586*	**2m 00** *4m 30*		Clef, contre-clefs, naissances sur 1m de haut : PT [1] calcaire Bandeaux : Br [1] à 52k 5 Douelle et Queutage : *Cerveau et naissances :* Br [1] à 52k 5 *Reins :* 3 anneaux en Br : 2, moitié en Br, moitié en tuf à 56k 5 — *Pouzzolane 1mc* *Chaux grasse* / *Ciment de Vassy* *0mc 33* *Ciment de Vassy :* *1er rouleau 0 mc 064* *2e — 0 mc 083* *3e — 0 mc 165*		1° 20 voûtes transversales cachées, en tuf très léger. 18 annulaires, 2 en plein cintre 2° *Voussure en corne de vache.* *Archivolte*
du **Diable** *Italie* 1871–1872 $E^1\ r^{de}\ (> 40^m)^7$	*81m 20* 45mm 45mm 12m 85	6m 00 *7m 00* Pas de fruit »	Anse de panier à 5 centres **55m 00** *13m 55* $\frac{1}{4,06} = 0,243$ *57m 20* *9m 20*	**2m 00** *3m 50*		Bandeaux, Cerveau de la voûte jusqu'à 33° : Br [1] à 89k 6 Au-dessous, calcaire — *Pouzzolane 1mc* *Chaux grasse* / *Chaux du Teil* *0mc 33* *Chaux du Teil* *1er rouleau 0 mc 042* *2e — 0 mc 082* *3e — 0 mc 110*	Pressions Max. / Moy. Clef 15k 8 / 10k 6 Reins 10k 6 / 7k 9	1° 6 voûtes transversales annulaires cachées, en tuf à 10k pesant 1000k 2° *Voussure en corne de vache*

1 — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE E^1 r^{te} (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

FONDATIONS *ature du sol* Profondeur us l'étiage Pressions sur le sol (kg : 0m01²) *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
…iste tendre …a 32% *…tes bouchées …e du béton* — 2m55 » *…puisements*	Fixe » Coins	5 *30c* 1m23 *100mm*			A partir de 35° de la clef : 2 rouleaux	» *67 jours* 16 septembre	t_c = 120mm t'_v pas appréciable	D = 150 000f D : S_p = 416f0 D : W = 36f1
…ondations d'un …ncien pont élargies	Fixe Montants et contrefiches *Chataignier* On entailla sous les vaux le sommet des poteaux, en allant des naissances vers la clef.	6 *Bois ronds de 21c* 1m32 »	232mc01 pieux compris 1400k 28000f	0mc54 3k3 66f2	3 rouleaux reliés par quelques voussoirs de tuf	Ouvrage livré à la circulation *217 jours* 6 avril	t_c = 260mm (du clavage au décintrement) t'_v = 69mm	D = 300 000f D : S_p = 418f8 D : W = 25f6 Le mc. de grande voûte a coûté 50f
Argile plastique …ive gauche — 5m52 *…puisements* …ive droite *Pilotis* …ressions : …axima 7k2 …yenne 2k6	— id —	6 *Bois ronds de 26c et 21c* 1m30 *130mm*	231mc54 1800k 23098f	0mc58 4k5 57f5	3 rouleaux reliés de distance en distance par quelques briques engagées	Ouvrage achevé *88 jours* 20 octobre	t_c = 65mm $t'_v + t''_v$ = 295mm	D = 330 000f D : S_p = 677f3 D : W = 57f8 Le mc. de grande voûte a coûté 60f

…our le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.   3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) = C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE: *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	ENSEMBLE: Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDE VOÛTE — INTRADOS: Portée { *Montée* / Surbaissement *Rayons de courbure :* [*à la clef,* / *aux naissances*	ÉPAISSEURS — CORPS: { Clef / *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES: { Clef / *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1^mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg / $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Saint-Pierre** *France* 1886 E^1 r^{te} (> 40^m) 8	*73ᵐ 04* » 16ᵐ50	{ 3ᵐ80 / *1ᵐ 10* Pas de fruit 0ᵐ67	Ellipse **40ᵐ,00** { *12ᵐ 00* / $\frac{1}{3,33} = 0,30$ [*33ᵐ 33* / *7ᵐ 20*	{ **1ᵐ,20** / *2ᵐ, 25*	**1ᵐ,20** } *2ᵐ 25* *au milieu de la montée*	Calcaire de Lexos à 800ᵏ *De la clef à 67°, Ciment ;* *au-dessous, Chaux du Teil*	Pression moyenne avec surch. / sans surch. Clef: 11ᵏ5 / 7ᵏ3 Milieu de la montée: 8ᵏ / 4ᵏ6 *Méry* 200ᵏ par mq	1° 8 voûtes transversa[les] vues en plein cintr[e] de 4ᵐ, sur pi[...] de 0ᵐ90 en fruit de 1[...] 2° »
de l' **Avenue Edmondson** à **Baltimore** *États-Unis* 1908–1909 E^1 r^{te} (> 40^m) 9	*165ᵐ 20* $\frac{0}{}$ 20ᵐ22 étiage	{ 17ᵐ069 / *18ᵐ 288* Pas de fruit 1ᵐ60	Anse de panier à 3 centres **42ᵐ,367** { *13ᵐ 309* / $\frac{1}{3.17} = 0,315$ [*25ᵐ 908* / *7ᵐ 087*	{ **1ᵐ,143** / *3ᵐ, 101*	» »	Béton à la machine *1 vol Portland Alpha* *2 vol 5 Sable* *5 vol Cailloux cassés à moins de 5 cm, avec, au plus, 15° de poussière*		1° Entre tympa[ns] pleins, piliers carr[és] en béton armé [de] 45ᶜᵐ7 d'arr[ête] (quelques-u[ns] de 61ᶜᵐ) portant u[ne] plate-form[e] armée. 2° »

SÉRIE E[1] r[le] (>40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

FONDATIONS …ture du sol Profondeur …us l'étiage Pressions sur le sol kg 0m01[2] *Procédé*	EXECUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	FERMES Nombre *Épaisseur* Ecartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	Cube de bois Poids de fer Dépenses par mq de douelle[2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t_v après t_v''	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p[3], de volume « utile » W[4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
…s mollasse » Pression …axima 6k 4 »	Fixe Type Pt Antoinette $\widehat{A}^1$ F(40m)[5] (Tome II) *Sapin* »	4 *intermédiaires* 25cm *de rive* 20cm 1m32 (calculé pour un rouleau de 0m70 à la clef, 1m20 aux reins)			A partir de 56° 13' 24" de la clef : 2 rouleaux Au 1er rouleau : 8 tronçons 9 clavages	» *90 jours* »		D = 109 686f D : S_p = 395f D : W = 29f
Rocher — 6m » *…puisements* *Avec caves maçonneries enveloppées de béton*	*On n'a fait de cintre que pour la demi-voûte Nord. On l'a ensuite transporté.* Retroussé sur 15m80 *Pin* Boites à sable	6 *20cm3* 1m676 *Surhaussement pour la demi-voûte Nord* *15mm 9*	252mc » »	0mc64 » »	Voûte construite en 2 moitiés, chacune en 14 tranches	Demi-Voûte Nord Piliers en béton armé construits *83 jours* 3 mars Demi-Voûte Sud	t_c 8mm4 t_v' 61mm t_v' 61mm	

…ur le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*

3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, W'. voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE E' r^{te} (> 40^{m})

MONOGRAPHIES

PONT SUR LA ROMANCHE A VIZILLE *(ISÈRE)*

Route de Grenoble à Briançon [1]

1751-1766 E' r^{te} (> 40^{m}) 1

Φ_1 (S_6)



I. Culées — Les culées présentent des demi-piles convexes au courant d'eau qui passe sous le pont, et un parapet convexe au courant de circulation qui passe dessus (Φ_1, f_1, f_2).

On a fait ainsi, quelques années après, en Champagne, au pont de Dizy, sur un lit de décharge de la Marne (1767-73) [2].

1. — Actuellement Route Nationale n° 85.

2. — M. de Dartein : « *Études sur les ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs « au XIXe siècle* », — vol. II, pages 133 à 140. — Pl. 16 à 19. — spécialement Pl. 18 ; — Paris, Béranger, 1907.

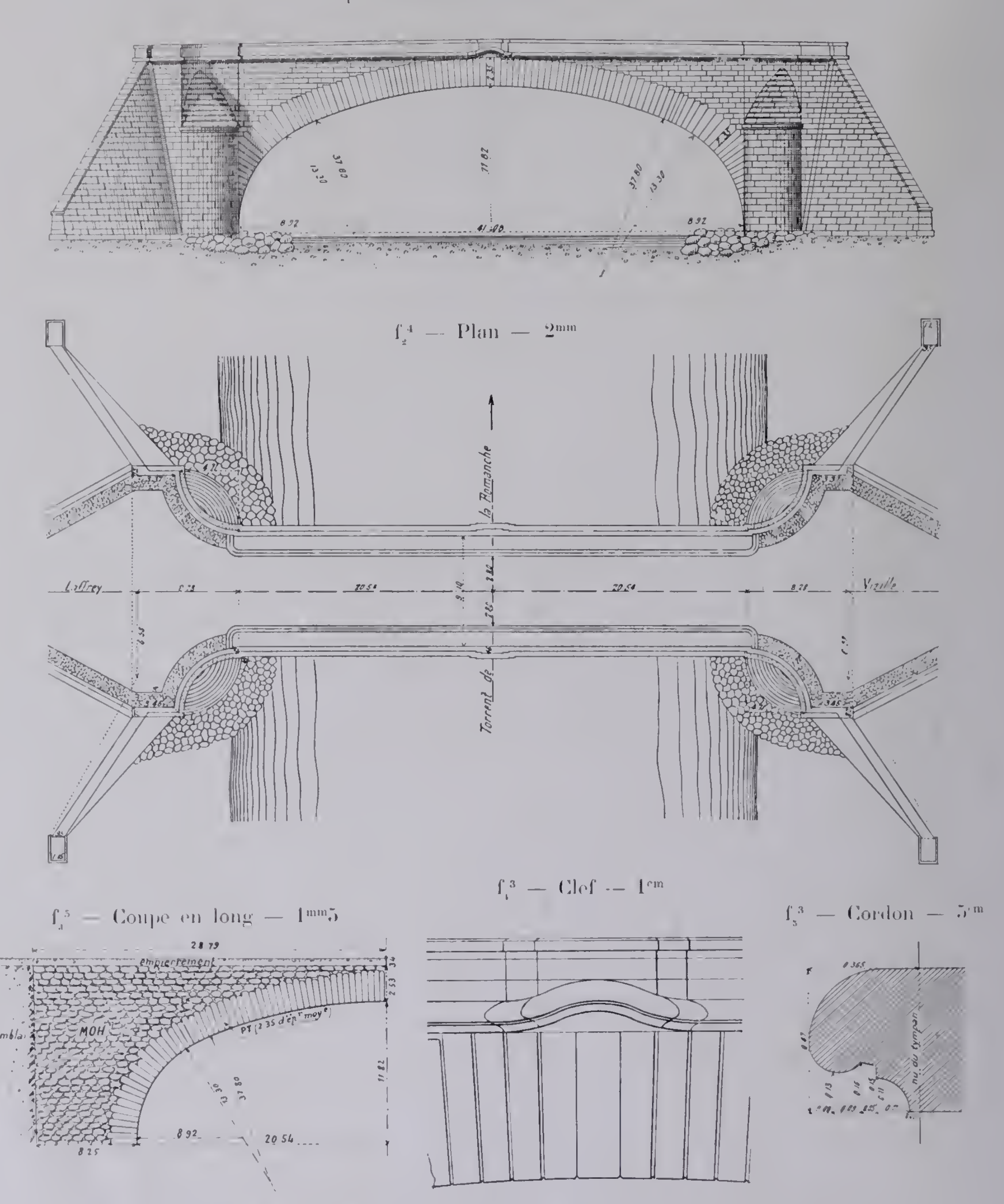
f_1^3 — Élévation amont — 2mm

f_2^4 — Plan — 2mm

f_4^3 — Clef — 1cm

f_3^5 — Coupe en long — 1mm5

f_5^3 — Cordon — 5cm



3 — D'après mes photographies (S_6). — D'après un dessin signé le 20 août 1855 par l'Ingénieur ordinaire Bonon : on y lit : « *On n'a trouvé, dans les Archives, aucun dessin original. L'élévation... a été obtenue par des mesures directes..., les rayons ont été* « *déterminés empiriquement...* »

4 — D'après un dessin signé le 29 mars 1861 par l'Ingénieur ordinaire Moïse.

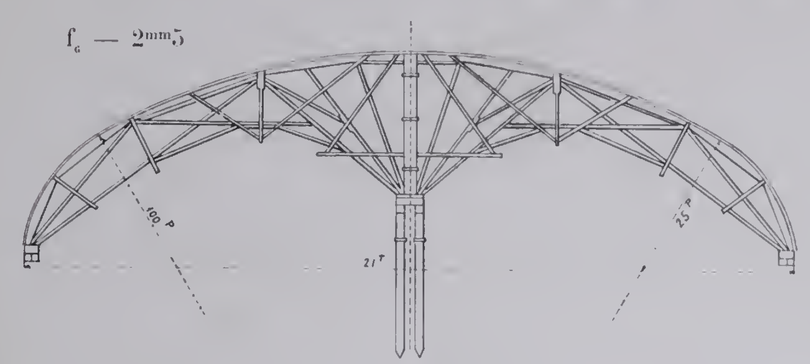
5. — D'après un dessin des Archives de l'Ingénieur en chef de l'Isère, gracieusement communiqué par M. l'Inspecteur Général Rivoire-Vicat.

2. Travaux. — Le pont fut adjugé le 12 mars 1751 (S_1).

On le fonda sur 316 pieux de 5m85 de long, 0m27 de diamètre.

Voici un croquis du cintre d'après un dessin au 1/432e, non coté (S_1).

f_c — 2mm5



Les voussoirs du bandeau avaient 0m40 à 0m50 d'épaisseur en douelle, plus de 2m35 de hauteur, — trop pour leur épaisseur.

On employa dans la voûte de mauvaises pierres.

Le pont était considéré comme d'une telle importance que l'Intendant de la Province avait installé à Vizille une école d'ingénieurs (S_4).

3. Décintrement. — L'entrepreneur a, paraît-il, décintré « *avant l'arrivée de l'ingénieur* », sans précautions, trop tôt et trop vite. Les joints se sont ouverts à l'intrados de la clef, à l'extrados des reins. D'assez nombreux voussoirs se sont cassés transversalement, notamment près de la clef et des joints de rupture, — avaries que l'on dissimula pour un temps en fixant par des boulons des morceaux rapportés (S'_2, S''_3).

Les tympans de droite se sont lézardés et déversés (S''_3).

Voici les dimensions de l'intrados, au projet et après décintrement :

	Projet (S_1)	Après décintrement (mesures faites avant la restauration de 1856)
Portée	126 pieds [6] = 40m93	41m08
Nombre de centres	3	5
Rayons	100 pieds et 25 pieds = 32m48 et 8m12	37m80, — 13m30, — 8m92

La voûte se serait donc aplatie à la clef, creusée aux reins, et, si ses culées fondées sur pieux avaient été exactement implantées, les aurait écartées de 0m15.

4. Dépenses (en livres, (L) et sous, (s)) (S_2).

1° Fondations	Bâtardeaux, épuisements, pilotis, crèches, dépenses accessoires		52304L
2° Cintre			16530L
3° Maçonnerie, corps de la voûte et « murs d'accompagnement »	Moellons bruts : 4539mc à 6L 2s	27605L	144231L
	Pierre de taille — Cube : 2072mc à 35L 7s	73290	
	Pierre de taille — Parement : 2595mq à 11L 4s	29053	
	Autres dépenses	14283	
		A Reporter	213065L

6. — La portée de 126 pieds est bien celle indiquee au devis S_5.

		Report..........		213065l
1° *Dépenses diverses*	Pont « provisionnel » ou de secours.		4927l	55131l
	Digue au-dessus du pont, de 803 toises de long		47211	
	Salaire d'un surveillant : 3 ans à 600l		1800	
	Dépenses pour l'École d'Ingénieurs établie à Vizille..............	Location d'un appartement : 6 ans à 140l .	840	
		Dépenses de bureau.	353	
		Total....... ..		268196l

5. Réparations (1856-57) (S_4). — On a : repris au ciment les pierres cassées, — abattu les crémaillères des voussoirs de tête qui, après décintrement, ne se raccordaient plus avec les assises des tympans, — dessiné une courbe d'extrados qu'heureusement on ne voit guère et qui n'empêche pas de restituer les anciennes crossettes, — bouché au ciment les lézardes traversant les reins de la voûte, — rejointoyé tous les parements, — refait la chape, etc...

La dépense a été de 23.226l (S_4).

En mai 1908, on observe qu'aux extrémités des parapets, les assises ont glissé les unes sur les autres : — que, du côté rive droite, à chaque tête, part de l'extrados du bandeau une fissure intéressant 7 ou 8 assises des tympans (S_6).

6. Personnel.

Ingénieur :

Projet (Décembre 1750) : Bouchet « Ingénieur du Roy pour les Ponts et Chaussées du haut Dauphiné. »

Exécution : Bouchet.

Entrepreneur : Martin (S_4).

SOURCES :

S_1. — Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées. — Manuscrits n° 1449 : « *Collection des Ponts de France* ». — Élévation avec cintre et plan au 1/432e.

S_2. — État des dépenses arrêté le 31 décembre 1767 par Bouchet, — alors Inspecteur Général des Ponts et Chaussées[7]. (Pièce des Archives de l'Ingénieur en chef de l'Isère, qu'a bien voulu me communiquer M. l'Inspecteur Général Rivoire-Vicat).

S_3. — Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées, — Manuscrits n° 1760 : Rapports à l'appui du projet de restauration exécutée en 1856-57 :

S'_3. — de l'Ingénieur ordinaire Bonon, du 18 août 1855 ;

S''_3. — de l'Ingénieur en chef Picot, du 13 septembre 1855.

S_4. — Note du 29 mars 1861 de l'Ingénieur ordinaire Moïse, sur la restauration de 1856-57.

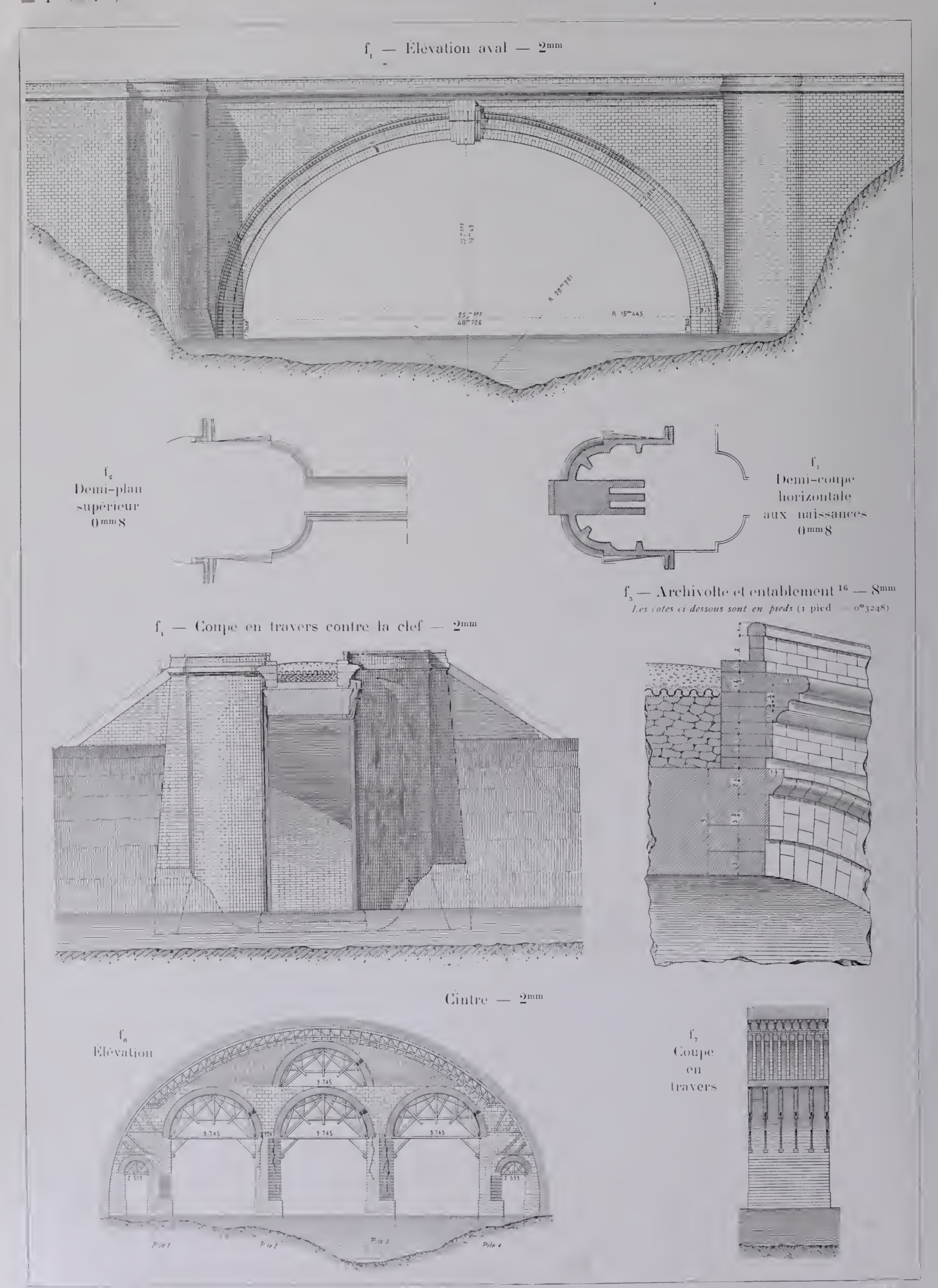
S_5. — Archives Départementales de l'Isère.

Archives de l'Intendance du Dauphiné. — Ponts et Chaussées. — Route de Grenoble à Briançon. — Dates extrêmes 1680-1751.

Le pont de Vizille faisait partie d'un lot de 19654 toises de la « *nouvelle grande route de* « *Briançon* », adjugé le 12 mars 1751 au Sieur Martin Joseph, — à forfait pour 540.800l .

S_6. — Ce que j'ai vu — mai 1908.

7. — État du personnel du 1er avril 1765. Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées. — Manuscrits n° 2629bis



16 — Cette coupe est faite sur l'axe de la voûte, en supposant l'archivolte prolongée jusqu'à cet axe, c'est-à-dire en ne tenant pas compte des dispositions spéciales des clefs et contre-clefs.

VIEUX PONT SUR L'AGOÛT A LAVAUR *(TARN)*

Ancienne route de Toulouse à Castres

1773-1791 E^1 r^{le} (= 40^m)2

Φ_1 (S_1)



1. Dispositions à signaler. — La clef, qui a une hauteur de 1^m223, et les contre-clefs sont restées épannelées (Φ_1, f_1) : elles devaient porter la croix du Languedoc.

La voûte est bordée d'une belle archivolte, à saillies un peu faibles, coupée par des ressauts en trois parties, ayant le 1/3, les 5/12, le 1/4 de son épaisseur (f_2)[1].

Les joints du cerveau sont obliques sur l'intrados ; mais, à l'inverse de ceux d'une platebande, le biais augmente à mesure qu'on monte vers la clef. C'est une erreur d'exécution ou de projet (S_2).

Un cadre rectangulaire, de 0^m97 de large et 0^m22 de saillie, enferme les tympans et la voûte.

La corniche de l'entablement a été souvent reproduite dans les travaux des États de Languedoc (f_3). Le parapet est trop en arrière.

Sur les culées, une bande plate prolonge le boudin de la corniche (f_1) : elle n'a pas protégé de la pluie les murs qui sont à fruit.

Le pont est vigoureusement encadré par deux grosses tours rondes (Φ_1, f_1 à f_4)

1. — Elle est imitée de celle du Pont Saint-Ange à Rome, (an 138).

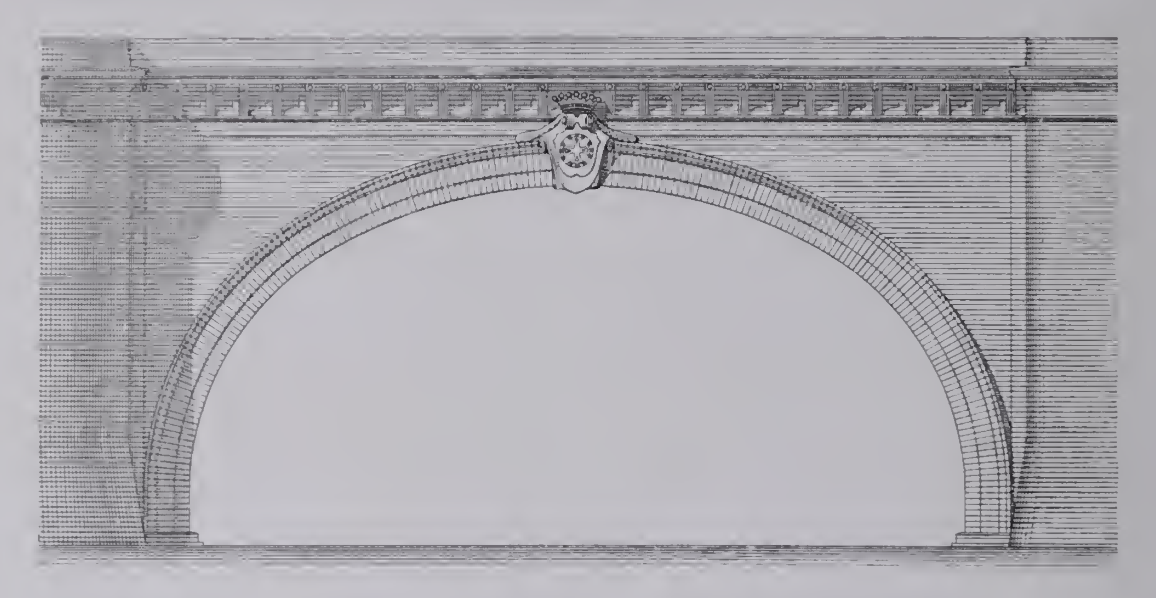
d'un fort grand effet, mais qui soutiennent mal les remblais intérieurs : on a dû les renforcer.

Il est en mollasse du pays, grès fort médiocre, un peu gélif.

C'est un fort bel ouvrage, simple, puissant.

2. Projet primitif de couronnement. — Voici le projet de de Saget aîné (f_8).

f_8 — Projet de 1769[2]



En 1782, par mesure d'économie, on renonça à cet ample couronnement, que réclamait pourtant la lourde masse de l'ouvrage : on en abaissa la hauteur totale de 6^m39 à 3^m90.

C'est à jamais regrettable.

3. Marché avec le Sieur Chauvet. — Le pont fut donné de gré à gré, le 13 mai 1773[3], pour le prix « *en blot* » de 340.000 livres, au Sieur Chauvet, maçon de Montpellier[4].

4. Cintre (f_6, f_7). — La description qui suit est faite d'après un modèle authentique, à l'échelle de 1/36, dressé après exécution, qui se trouvait en 1884 dans les greniers de la mairie de Montpellier, et qui est rigoureusement conforme aux rares pièces écrites qui font mention du cintre.

2. — C'est cette élévation qu'a publiée Gauthey (Paris, 1809, tome I, p. 96, Pl. IV, fig. 59). — Après avoir donné des chiffres inexacts, il conclut que le pont « *est construit avec beaucoup de luxe, et sans « doute trop pour le lieu où il est élevé* », appréciation inattendue de la part de l'Ingénieur qui a commis les décorations de Navilly et des Échavannes et les douelles à caissons de Navilly et de la Guyotte.

3. — Deux premières adjudications étaient demeurées sans résultat, « *en raison de l'intelligence des « entrepreneurs* ».

4. — Sous la caution du Sieur Campmas, receveur général des finances de la Généralité de Toulouse.

Ce cintre singulier comprenait[5] (f_6, f_7) :

1° — un viaduc en maçonnerie à 3 arches, sans évidement, en maçonnerie ordinaire, grossièrement assisée.

2° — au-dessus, dix murs séparés en briques, de 0^m54 d'épaisseur, portant les bois de décintrement.

Les 6 voûtes du cintre furent laissées sur bois jusqu'au décintrement de la grande arche.

Le cintre cubait approximativement :

Maçonneries	de moellons	2185 mc	3808 mc
	de libages (parements des piles)	518 mc	
	de béton (entre les pilotis d'une pile)	86 mc	
	de briques	1019 mc	
Charpente			402 mc
Planches			1102 mq

Il coûta environ 65.000 livres.

5. Construction de la voûte. — La première pierre fut solennellement posée le 5 octobre 1773, par Mgr de Castellane, dernier évêque de Lavaur.

En juillet 1775, la voûte, élevée à la 14e assise, est suspendue pour commencer le cintre. Dans le courant de la campagne, on fonde les piles 1, 2, 4 (f_6) par épuisements, puis la pile 3 sur grillage et pilotis, après exécution d'une digue en rivière pour écarter les eaux.

« *De mars 1774 à octobre 1775, les piles* (du cintre) *furent emportées trois* « *fois...*[6] »

En 1776, on construit le cintre jusqu'à l'extrados des 3 voûtes de l'étage inférieur, et on pose de chaque côté 15 assises.

En 1777, on en pose 20; en 1778, 11.

Sous la charge de ce rouleau de 2^m924, il se produit de nombreuses lézardes dans les piles du cintre, surtout dans 1 et 4, puis un mouvement général de déversement de l'amont à l'aval. On ferme précipitamment la voûte « *par arrachements* », le 10 mai 1779.

« .....; *en octobre 1779, deux inondations emportent... partie d'une pile* (du « cintre)...[6] »

Bien que clavée, la voûte charge lourdement son cintre. Le 20 février 1780, l'Inspecteur constate des voilements dans les fermes en briques et des lézardes dans les piles du cintre, surtout dans les piles 1 et 4, dont quelques-unes « *observées* « *l'année précédente et qui avaient cessé pendant la durée de la clavade ont reparu* « *et font des progrès rapides.* »

5. — L'Entrepreneur Chauvet le commença malgré les Ingénieurs et en demanda l'approbation quand on ne pouvait plus la lui refuser : il aurait été frappé de la chute de plusieurs grands cintres en bois, en particulier « *du pont Charron, de 17 toises de portée, sur le chemin de Nantes à la Rochelle, du pont d'Ornezon* [Cn pte (> 40m)1 — Tome 1, p. 65] *de 20 toises d'ouverture...* »
Acte du sieur Chauvet à M. de la Fage, Syndic général, du 19 février 1779 (Archives de la Préfecture de Montpellier).

6. — Inscription sur le modèle du cintre de Montpellier.

7. Résiliation de l'entreprise Chauvet. — Chauvet obtint, le 5 janvier 1782, sa résiliation aux conditions suivantes :

1° — Le décintrement est à sa charge.

2° — La Province payera, après réception des ouvrages, la somme totale de 334.676 livres, 12 sous, 3 deniers (dans laquelle le cintre entre pour 65.000 livres).

3° — Elle restera propriétaire des matériaux du cintre « *et de ceux épars dans* « *les chantiers et carrières* », lesquels furent pris pour 8000 livres par les nouveaux entrepreneurs.

8. Entreprise Grimaud et Albouy. — Les travaux restant à faire furent donnés de gré à gré, le 7 mars 1782, à Grimaud, tailleur de pierre à Monestiès[7], — mais à la toise et non plus à forfait.

9. Décintrement (25-27 juin 1782). — Le 25 avril 1782, de Saget aîné, Directeur des travaux, assisté de Garipuy fils, ayant reconnu que « *les culées* « *et contreforts sont élevés au niveau de l'intrados de la clef* », autorise le décintrement.

Le 19 juin 1782[8], on étrésillonne les fausses piles ; le 21, on enlève les boulons qui condamnent les tasseaux ; le 25, 20 charpentiers, 10 de chaque côté, à la même hauteur, un à chaque ferme, lâchent de 3 à 4 lignes (6 à 9^{mm}) les 9 premiers tasseaux de chaque côté, « *tout le cerveau restant soutenu* »[9]. On achève le 26. La voûte consent de 6 lignes ($13^{mm}5$) ; on constate une « *légère fracture* » aux reins, côté rive gauche, au changement de courbure.

Deuxième opération semblable : nouvel abaissement à la clef de 6 lignes ; la « *fracture* » des reins du côté rive gauche augmente ; il s'en produit une du côté rive droite. Quelques voussoirs se fendent à l'intrados et au-dessus du talon de l'archivolte ; un éclat se détache à une des clefs pendantes.

Troisième opération : nouvel abaissement à la clef de 5 lignes.

Dans la nuit du 26 au 27, la clef baisse encore de 4 lignes ; l'ouverture aux reins est de 2 lignes ($4^{mm}5$) du côté de Lavaur (rive gauche), de 1 ligne ($2^{mm}25$) de l'autre. On enlève les bois en grand ; de midi jusqu'au soir, la voûte baisse encore de 4 lignes ; du 27 au soir au 28 au soir, nouvel abaissement de 4 lignes. Plusieurs voussoirs sont fendus et « *crevés* ». L'ouverture des reins augmente encore.

A partir du 28, le tassement s'arrête ; il avait atteint en 4 jours, 29 lignes ($65^{mm}4$)[10]. A ce moment, les 8 ou 9 voussoirs voisins de la réunion des arcs étaient fort épaufrés à l'intrados, quelques-uns sur un pied de profondeur ; d'autres au cerveau de la voûte à l'extrados[11].

7. — Sous la caution de Jean Grimaud et Pierre Albouy, charpentier.

8. — Extrait, pour ce qui suit, du procès-verbal de l'Inspecteur.

9. — On a fait ainsi, en 1834, à Chester [$\widehat{A}^1$ r^{te} (40^m)^3 — Tome III].

10. — Dans les voûtes contemporaines de Perronet (Centre de la France) construites sur cintres flexibles, on présumait un tassement de 1 pouce par toise d'ouverture (1/72e).

11. — Les lits de mortier sont extrêmement minces : 1^{mm} à 4^{mm}.

10. Travaux après décintrement. — Aussitôt après le décintrement, la douelle est rejointoyée et ragréée avec du mastic de marbrier [12].

En 1783, les murs des tours rondes faisant ventre, on commence à l'intérieur un second mur parallèle avec chemise en pierres sèches : il n'a pas suffi. On enleva de nouveau les remblais jusqu'au ferme, et, en 1787-88, on établit dans les vides des tours, des murs sans liaison avec elles, soutenant seuls les remblais.

L'ouvrage fut livré à la circulation en avril 1791, 18 ans après la pose de la première pierre.

11. Réparations ultérieures. — Les ragréments au mastic de marbrier ne tinrent pas : à leur place, on cramponna au soufre des plaques de même grès que les voussoirs.

En 1812, la plupart étaient tombées : en 1840 on répara, pour un temps, l'ouvrage avec des placages de ciment à prise rapide.

12. Dépenses [en livres (ˡ), sous (ˢ), deniers (ᵈ)]. — Elles s'élevèrent à :

Entreprise Chauvet	334.676ˡ 12ˢ 3ᵈ
Entreprise Grimaud et Albouy	312.316ˡ 14ˢ 5ᵈ
En tout, pour le pont et ses abords	646.993ˡ 6ˢ 8ᵈ [13]

Elles n'avaient été estimées que 340.000ˡ en 1773.

Le Roi donna 30.000ˡ ; les Sénéchaussées, Diocèses et Communes intéressées fournirent 22.760ˡ. Le reste fut payé par la Province.

13. Prix payés à l'ancien pont de Lavaur (1773-1790) et au nouveau (1882-1884) [14].

	Ancien Pont	Nouveau Pont
Traitement de l'Inspecteur des Travaux (Ingénieur ordinaire)	1600 livres	6.000ᶠ
1° Journées d'ouvriers		
Tailleurs de pierre ou poseurs	de 18 à 25 sous	5ᶠ50 à 6ᶠ60
Maçons	20 sous	4ᶠ40 à 6ᶠ60
Charpentiers	18 sous	5ᶠ50 à 6ᶠ60
Gâcheurs de mortier, fabricants de béton	10 sous	2ᶠ75 à 3ᶠ30
Manœuvres	de 3 à 10 sous	2ᶠ75 à 3ᶠ30
Mousses, femmes	depuis 2 sous	2ᶠ00 à 2ᶠ50

2° Matériaux en œuvre. — Le m. c. de :	Bail Chauvet (1779)	Bail Grimaud et Albouy (1782)	Matériaux du pays	Matériaux de Lexos
Maçonnerie ordinaire	6ˡ 15ˢ	8ˡ	20ᶠ72	30ᶠ45
Maçonnerie de pierre de taille	35ˡ 6ˢ	36ˡ 9ˢ	»	156ᶠ
Maçonnerie de briques	20ˡ 5ˢ	18ˡ	30ᶠ	»
Charpente du cintre	40ˡ		71ᶠ	

12. — Sciure de marbre, résine, saindoux et sable.

13. — Soit environ 1.300.000ᶠ de notre monnaie.

14. — Â[1] Fr (> 40m)[4] — Tome II.

14. Personnel.

Ingénieurs :

Projet : de Saget aîné, Directeur des Travaux de la Sénéchaussée de Toulouse.

Direction des Travaux : de Saget aîné, mort en 1782 ; — puis, jusqu'en 1791, de Saget cadet.

Surveillance locale : Guillaume d'Adhémar[15], Inspecteur des Travaux.

Entrepreneurs : De mai 1773 à janvier 1782 : Chauvet. — Ensuite : Grimaud et Albouy.

Dedaux, qui ne fit que régler le compte de Grimaud et Albouy, en avril 1791, est le seul dont le nom soit sur le pont : il est gravé derrière une des clefs pendantes de la face aval.

15. — D'Adhémar (1745-1821), commissionné en 1770 par les États de Languedoc, emprisonné à la Révolution, puis Ingénieur ordinaire à Lavaur (encore en 1802), — retraite en 1805 (S_2).

SOURCES :

S_1. — Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, page 486 à 496 Pl. 44 : « *Construction des Ponts du Castelet, de Lavaur et Antoinette* », M. Séjourné.

Les renseignements donnés dans ce mémoire ont été empruntés aux sources suivantes :

a. – Procès-verbaux des Assemblées de Nosseigneurs des États de la Province de Languedoc, tenus à Montpellier. (Montpellier, imprimerie Jean Martel aîné).

b. – Pièces écrites et croquis existant aux Archives des Préfectures de Montpellier et d'Albi, spécialement des fragments du *Journal de Chantier* tenu par l'Inspecteur des Travaux.

c. – Dessins authentiques dressés après exécution par l'Inspecteur des Travaux, gracieusement communiqués par le Comte d'Adhémar, un de ses descendants.

S_2. — M. de Dartein : « *Études sur les Ponts en pierre remarquables par leur décoration antérieurs au XIXe siècle* ». Volume III : « *Ponts français du XVIIIe siècle, Languedoc* » p. 67 à 89, PL. 19 à 25.

S_3. — Dimensions qu'a bien voulu relever, sur ma demande, M. Peyre, Conducteur Principal des Ponts et Chaussées à Lavaur.

S_4. — Ce que j'ai vu. — Φ_1 est d'août 1908.

Ce qui n'est pas spécifié S_2, S_3 ou S_4 est de S_1.

PONT SUR L'HÉRAULT, PRÈS DE GIGNAC[1] (HÉRAULT)

Chemin de Montpellier à Lodère[2]

1776-1810 E[1] r[te] (40m)[3]

Φ$_1$ (S$_2$)



I Dispositions à signaler. — Clair, hardi, grandiose, le Pont de Gignac est peut-être le plus beau du XVIII[e] siècle.

« *Pour sauver la grande inégalité des arches*[3] », on adopta une grande voûte surbaissée à parois lisses, entre deux massifs que traversent de lourds pleins cintres, — massifs qui font bien culées, par leur saillie de 2m41 sur le corps central, leurs vigoureux bossages, et l'énorme épaisseur de leurs arches.

Comme à Vizille et Lavaur[4], la grande voûte est en anse de panier à trois centres; elle est bordée d'une simple archivolte à deux ressauts (f$_5$, f$_6$).

Les lits des voussoirs sont prolongés jusqu'au cadre[5], appareil qui exagère la voûte et amoindrit l'archivolte.

1. — A 1km2 à l'Ouest de Gignac, — a 30km à l'Ouest de Montpellier.

2. — Actuellement, Route Nationale n° 109.

3. — Procès-verbaux des États generaux du Languedoc. — Seance du 30 decembre 1774.

4. — E[1] r[te] (40m)[1]. E[1] r[te] (40m)[2] — Tome I.

5. — On a fait ainsi aux ponts du Rialto à Venise (fin du XVI[e] siècle), de Saint-Michel à Vicence (1re moitié du XVII[e] siècle), de Villeneuve-lez-Maguelonne pres Montpellier (1767-78), au grand arceau de l'aqueduc sur la promenade basse du Peyrou, à Montpellier (1770-72), etc.

Comme à Lavaur[6], la clef et les contre-clefs, sur lesquelles on devait sculpter la croix du Languedoc, sont restées épannelées (f_6).

Les arches latérales sont échancrées aux têtes par de larges ébrasements coniques à 45°, qui abaissent leur épaisseur à la clef à 2^m28 aux têtes, et la largeur de la douelle en berceau à 9^m80, — épaisseur et largeur de la grande voûte. Leurs parements sont à bossages saillants de 0^m11, chacun en deux assises de 0^m40 environ : des bossages à chaque assise eussent été maigres, et auraient réduit l'échelle du Pont.

Sur les faces des murs en retour, en faible saillie de 0^m36 sur les arches latérales, on devait figurer une draperie de glace[7] : elles sont restées lisses[8].

Les piles-culées de la grande arche sont définies comme l'indiquent f_3 et sa légende.

Le boudin et le cavet de la corniche (f_5) ne règnent que sur la grande voûte : sur le reste, ils se prolongent par deux bandes plates de même hauteur (f_7).

En 1895, on fit passer sur le pont un chemin de fer d'intérêt local. On mit les parapets en encorbellement de 0^m225, on les éleva sur un socle de 0^m46.

2. Fondations des deux piles-culées de la grande arche (1776-84).

— Les deux piles-culées ont été fondées à sec sur le tuf, à 8 et 9^m sous l'eau, en épuisant dans des bâtardeaux à double enceinte, après « *dégravoyement* » général à gueule bée, malgré des crues fréquentes de 6 à 7^m, avec de pauvres moyens pour épuiser et draguer.

Les maçonneries des fondations sont à mortier de pouzzolane.

A. — Pile rive gauche (1776-80) (Côté Gignac). — On employa un an et demi en préparatifs, 3 ans en travaux. Il fallut traverser les débris d'un vieux pont.

La pile fut foudée par échelons à 7^m80 sous l'eau du côté de la grande arche, à 4^m87 de l'autre.

B. — Pile rive droite (1781-84) (Côté Saint-André). — On employa deux ans en préparatifs, un an et demi en travaux.

« . . . .

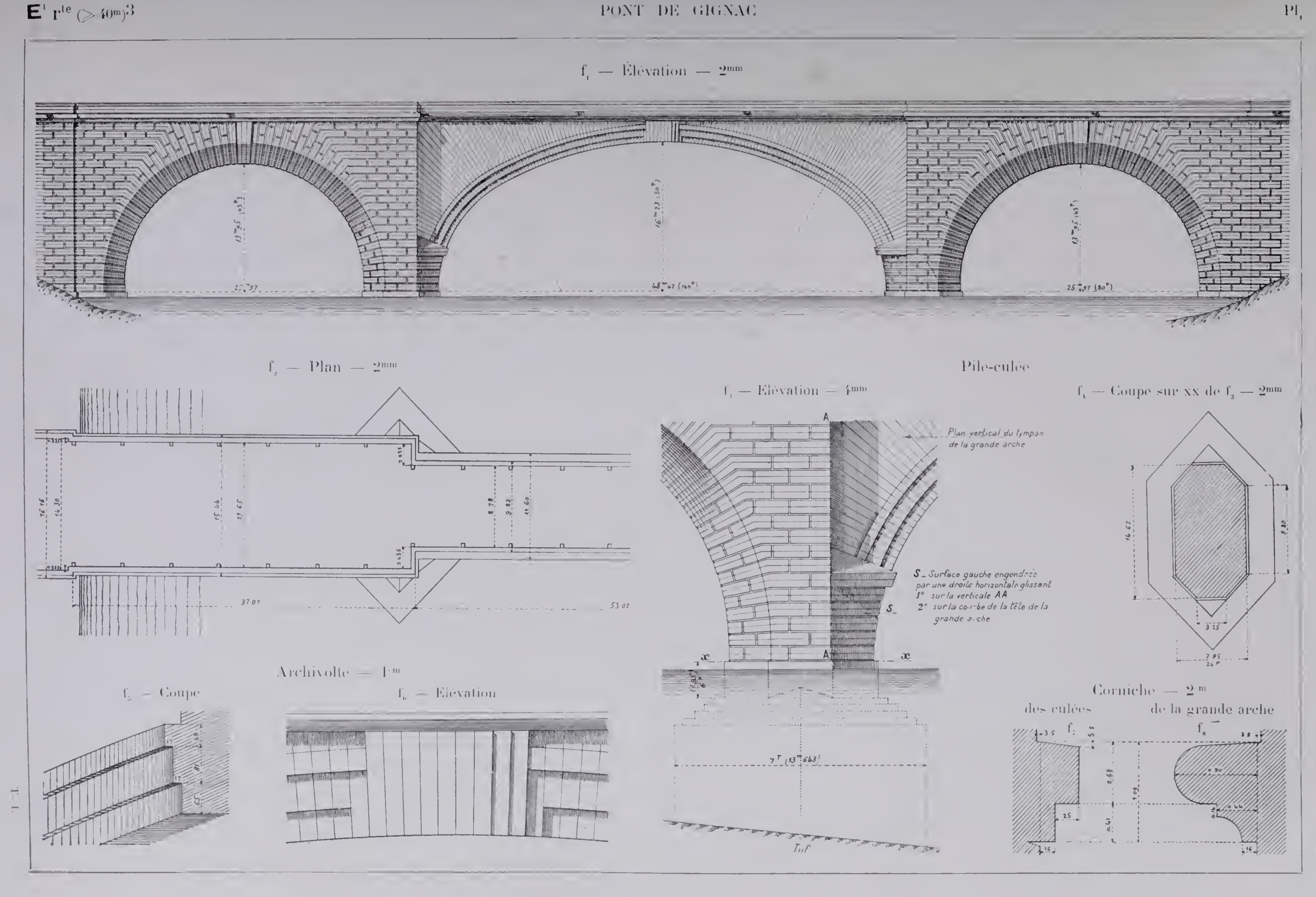
« *Le sol de fondation fut mis à découvert le 1 juin* (1784) *sur environ 4 toises « carrées, et l'on bâtit tout de suite à sec, sur un tuf.. très dur.. : laquelle bâtisse « a été ensuite continuée de proche en proche, à mesure qu'on déblayait la « fondation,... en s'élargissant par petites parties et arcboutant toujours la « charpente contre la maçonnerie déjà faite en proportion des mouvements « inquiétants que cette charpente ne cessait de faire.* »

6. — E¹ r^te (> 40^m)² — Tome I, p. 97.

7. — Dans les constructions de Versailles, on a fort employé les « glaçons », par ex. : à la grotte de Thetis, construite en 1665, démolie par Mansart ; à Trianon (1679) ; le long du bassin de Neptune (1684). *(Renseignements gracieusement donnés par M. Pierre de Nolhac, Conservateur du Musée de Versailles.)*

Giral a ainsi drapé les tympans du grand arceau de l'aqueduc de Montpellier (1770-72).

8. — En 1776-77, Garipuy fils, pour apprécier l'effet de son projet, construisit sur le Larnoux, à 6^k de Gignac, un pont en reproduisant exactement les dispositions à l'échelle de 1/6, en particulier les nappes d'eau congelée des murs en retour.

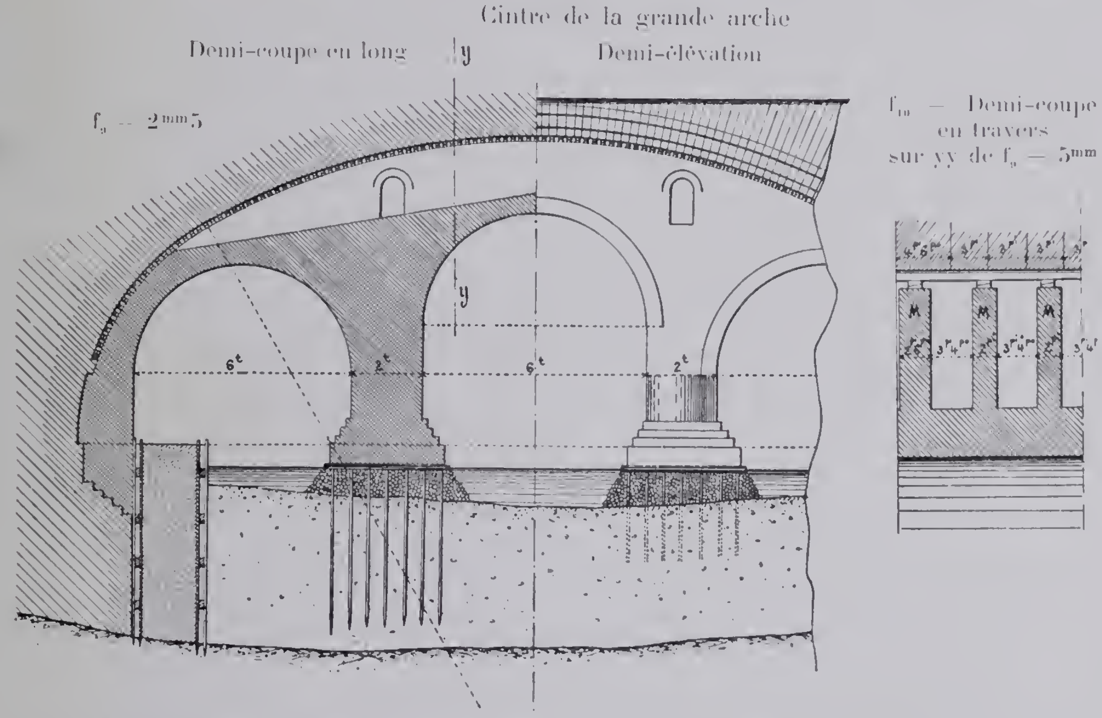

f₁ — Élévation — 2ᵐᵐ
13ᵐ95 (45ᴾ)
16ᵐ23 (50ᴾ)
13ᵐ95 (45ᴾ)
25ᵐ97
48ᵐ67 (149ᴾ)
25ᵐ97 (80ᴾ)
f₂ — Plan — 2ᵐᵐ
16 16
14 30
15 44
13 65
8 78
9 82
11 60
37 07
53 01
Pile-culée
f₃ — Élévation — 4ᵐᵐ
Plan vertical du tympan de la grande arche
S _ Surface gauche engendrée par une droite horizontale glissant 1° sur la verticale AA 2° sur la courbe de la tête de la grande arche
7ᵀ (13ᵐ663)
Tuf
f₄ — Coupe sur xx de f₃ — 2ᵐᵐ
16 62
9 80
3 25
Archivolte — 1ᵐ
f₅ — Coupe
f₆ — Élévation
Corniche — 2ᵐ
des culées
de la grande arche
f₇
f₈
0 68
1 09
0 90
0 44
0 41

« ...... *Malgré les embarras de la manœuvre à travers un nombre incroyable « d'étançons de toute espèce, la plupart tordus, pliés ou brisés à demi, et malgré « quatre crues d'eau considérables..... on est parvenu le 9 juillet à bâtir la « dernière partie d'une fondation qui a été faite solidement à sec, sur le terrain « ferme, à plus de 26 pieds au-dessous du niveau des eaux, profondeur dont aucune « construction connue n'offre rien qui en approche.* »[9]

3. Cintres. — Les trois voûtes ont été construites sur cintres en maçonnerie, comme le pont de Lavaur décintré en 1782[10].

Entre la douelle et le dessus des cloisons MM.. (f_{10}), on avait placé, sous chaque rang de voussoirs, un couchis, soutenu au droit de chaque cloison par une paire de coins. (Il y en avait 894 à la grande arche).

On interposait des cales, à la demande, entre les voussoirs et les couchis.



On ne connaît pas le tassement au décintrement; on sait seulement qu'il n'y a pas eu d'épaufrure, et que l'arche latérale de gauche a tassé de 13mm.

En 1788, les deux arches latérales étaient faites et le cintre de la grande, fondé.

4. Avaries après le décintrement. — La grande arche a été décintrée avant la fin de 1794.

Le 26 février 1798, Giroud, Ingénieur à Lodève, écrit : « *cinq voussoirs de cinq « assises successives, à la réunion du grand et du petit rayon de la grande arche..... « se sont rompus sur toute leur épaisseur sur la pile du côté de Gignac.....*

« *...Le dessus des voûtes... n'étant point encore recouvert..., les eaux pluviales*

9. — Rapport de Mgr l'Évêque de Montpellier. — Séance des États de Languedoc du 30 décembre 1784.
10. — E¹ rte (⩾ 40m) 2 — Tome I, p. 98.

« *pénètrent à travers les joints... et en délayent les mortiers ;... les voitures... ont* « *formé sur l'extrados... de la grande arche une ornière d'environ 15 pouces* (41c) « *de profondeur...* »

5. Principaux prix.

	Prix du bail de 1776	Prix accordés en 1802
1mc de maçonnerie de moellon	6f42	8f02
1mc de maçonnerie de pierre de taille	26f74	32f06
1mq de parement de pierre de taille	10f	12f52

6. Dates.

— Les travaux avaient été adjugés le 12 juillet 1776 au Sieur Bousquet, dit La Rose, maître maçon [11].

Les piles étaient fondées en 1784 ; la voûte, décintrée en 1794.

L'ouvrage a été achevé en 1810, 36 ans après l'adjudication.

7. Dépense. [en livres (L)]

Fondations		357.760 L
Cintres	Deux arches latérales	58.900
	Arche centrale	60.000
Ouvrages apparents		553.400
	Dépense totale	1.030.000 L

La dépense prévue était 510.000 L, moins de moitié.

8. Personnel.

Ingénieurs :

Garipuy (fils) de Toulouse, Directeur des Travaux publics de la Sénéchaussée de Carcassonne, mort le 20 mai 1782, à 34 ans. *Auteur du projet.*

Ducros (neveu des Garipuy), d'abord Inspecteur des Travaux ; puis, à la mort de Garipuy fils, Directeur des Travaux de la Sénéchaussée ; nommé, en 1791, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Billoin, Inspecteur des Travaux.

A partir de 1791 : Ingénieur en Chef : Billoin ; puis, après 1803, Fontenay ; — Ingénieur ordinaire : Giroud, chargé de la surveillance depuis 1791.

Entrepreneur : Bousquet, dit La Rose.

11. — Sous la caution de divers habitants de Montpellier.

SOURCES :

S1. — Annales des Ponts et Chaussées, 1902, 4e trimestre, p. 48 à 108, Pl. 23 à 27 : « *Le Pont de Gignac sur l'Hérault* ». M. de Dartein, Inspecteur général des Ponts et Chaussées [12].

Principales sources citées. — Jusqu'en 1788 inclus : « Procès-verbaux des États Généraux du Languedoc ». Ensuite : Archives Nationales, F14-292 et F14-828. — Pour 1782-96, Archives de l'Hérault.

S2. — Ce que j'ai vu — octobre 1902.

12. — M. de Dartein a reproduit ce mémoire dans son grand ouvrage « *Etudes sur les ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs au XIXe siècle* », vol. III — Paris, Béranger 1908, p. 125 à 164, Pl. 34 à 38.

PONT SUR LA SEVERN A GLOUCESTER *(ANGLETERRE)*

1826–1827 $E^1\ r^{le}$ (40^m)[1]

ϕ_1[1]



1. Voussure (S_1). — C'est le premier pont anglais à voussure : Telford en a pris l'idée au pont de Neuilly[2].

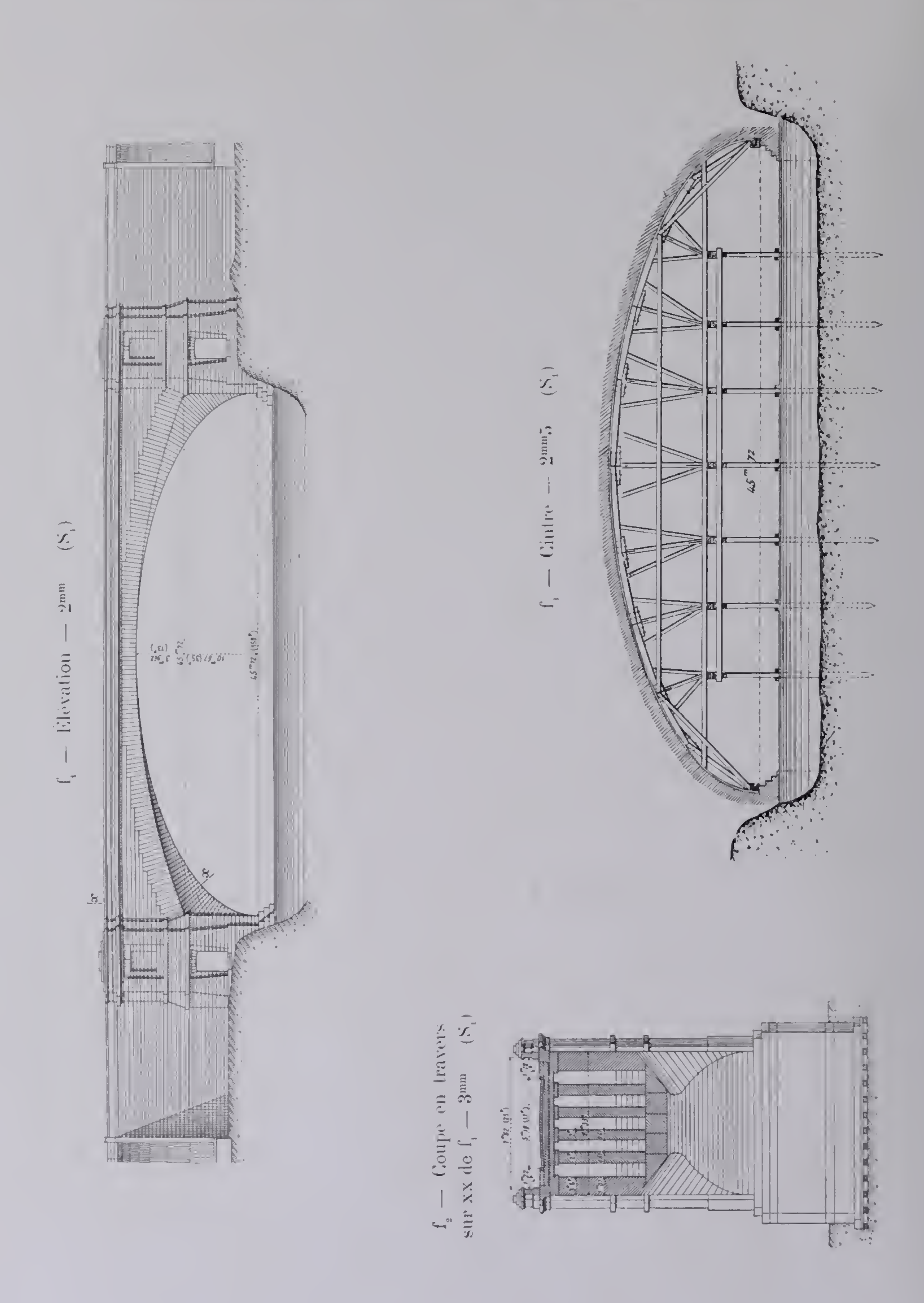
Le mode de génération n'y est pas le même (f_4), et Telford ne le fait pas connaître.

2. Fondations (S_1). — On épuisa dans des bâtardeaux à double enceinte. On comptait, d'après les sondages, trouver le rocher à 3^m environ sous le thalweg, mais la sonde avait été arrêtée par une grosse pierre : on ne rencontra que du gravier.

On disposa sur le fond de la fouille : d'abord un lit de grosses pierres à plat, puis un grillage de 12^m19 sur 11^m28 avec de la maçonnerie dans les vides, puis une plate-forme jointive de 0^m10 d'épaisseur, enfin, au-dessus, jusqu'à l'étiage, de la maçonnerie de grosses pierres de taille.

1. — M. W. W. Grierson, Ingénieur en chef du Great Western à Londres, a bien voulu, sur ma demande, faire photographier le pont (juin 1908).

2. — « *I introduced a form which, although a novelty in England, had, in 1768, been employed by* « *an eminent French Architect* (M. Perronet) *in a bridge... over the river Seine at Neuilly.* » (S_1. p. 261).



f1 — Élévation — 2mm (S1)

f1 — Cintre — 2mm5 (S1)

f2 — Coupe en travers sur xx de f1 — 3mm (S1)

3. Décintrement (S$_2$).

— Sur chaque pieu du cintre et aux abouts, il y avait 3 coins : deux fixes, celui de dessus et celui de dessous, et, entre eux, un mobile, « *la langue* »[3]. Les surfaces de contact étaient bien rabotées et savonnées.

On a fait descendre les coins mobiles en les frappant avec le mouton de 12 quintaux qui avait battu les pieux du cintre, — cette fois suspendu et poussé horizontalement. En 20 ou 30 coups, le coin se détachait : il fallait ensuite le retenir.

Le décintrement a été fait en 3^h.

4. Mouvements après décintrement.

— Après le décintrement, il y eut un tassement supplémentaire de 200^{mm}, dû à l'affaissement des murs en retour rive gauche, fondés[4] fort au-dessus du thalweg sur de la vase durcie reposant sur de la tourbe (S$_1$, S$_2$).

Les mouvements des culées continuèrent au point que, vers 1880, des « *sauvages* »[5] réclamèrent la démolition du pont. Les fissures dans les tympans étaient alors telles qu'on s'y pouvait promener à l'aise[6].

« *M. Baker représenta... que ce serait un déshonneur pour le pays de démolir* « *l'œuvre historique de Telford et d'y substituer un « hideux » treillis* » (S$_3$).

Il descendit et élargit les fondations des murs ; puis, 18 mois après, nettoya et boucha les fissures. 7 ans plus tard, il constata que les mouvements étaient arrêtés.

5. Personnel.

Ingénieur : Telford.
Entrepreneur : Cargill.

3. — « *the tongue* ».

4. — Telford écrit : « *Je me blâme d'avoir permis une économie injustifiée aux fondations des murs* « *en ne les établissant pas sur pieux et plate-forme...* » (S$_1$).

5. — « *barbarians* » (S$_3$).

6. — « *...big enough to walk through quite comfortably* » (S$_3$).

SOURCES :

S$_1$. — « *Life of Thomas Telford* » p. 258 à 267, Pl. 82 (dessins de l'ouvrage) et 63 (cintre). — « *Gloucester over-bridge* », Londres 1838.

[Morandière — *Construction des Ponts* —, a donné un dessin du pont de Gloucester, Pl. 108, fig. 14 et une courte description, p. 437].

S$_2$. — *id.* Appendix P, — p. 584 et 585. Extrait d'une lettre de l'entrepreneur Cargill à Telford, du 26 mars 1832.

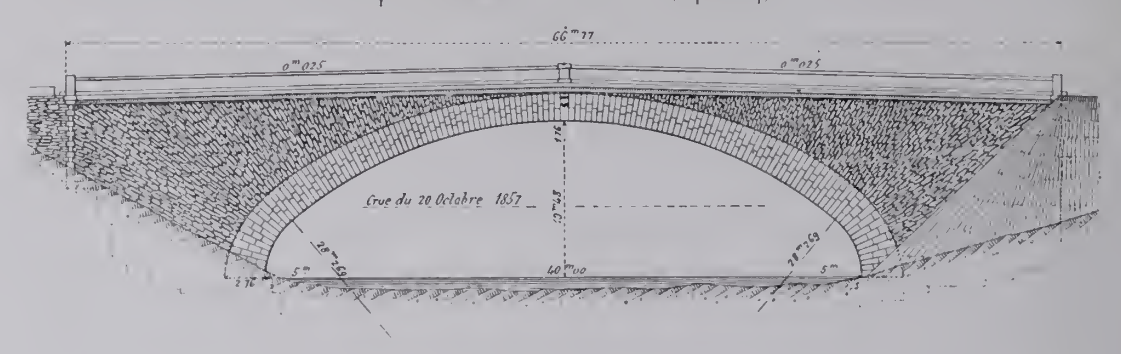
S$_3$. — « *Minutes of proceedings of the Institution of Civil Engineers* », 1887-88, IIe partie, p. 116, — M. Baker.

PONT SUR LE TORRENT DE FIUM'ALTO *(CORSE)*

Route Nationale n° 198

1862-1863 $\mathbf{E}^{1}$ r^{le} (~ 40^{m})5

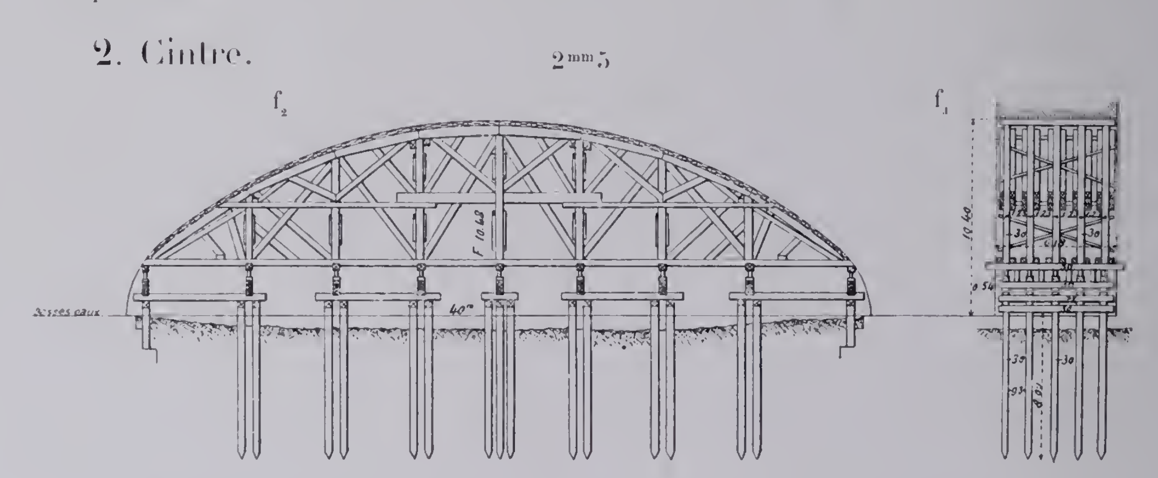
f_1 — Élévation — 2^{mm} (S_1 et Φ_1)



1. Matériaux. — Comme on comptait n'avoir que de mauvais maçons, on a prévu la voûte en maçonnerie ordinaire : pour y diminuer la pression, on a forcé les épaisseurs.

2. Cintre. $2^{mm}5$

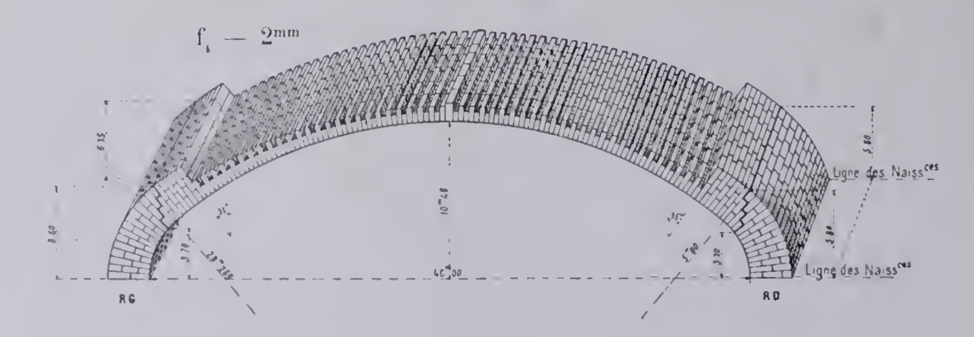
f_2 f_3



3. Exécution de la voûte. — La voûte fut d'abord menée à pleine épaisseur.

Quand elle arriva au joint à 35° sur la verticale, elle s'ouvrit (f_4).

f_4 — 2^{mm}



Les fissures avaient à l'extrados :	Amont	Aval
Culée rive droite	10mm	15mm
Culée rive gauche	10mm	12mm

Φ[1]



On les boucha avec du mortier clair, mais on ne continua qu'avec un rouleau de 1m d'épaisseur moyenne. Il s'y produisit 4 fissures de 4mm à l'extrados.

Pour serrer les joints de clefs, on enfonçait dans le mortier frais de petits coins en fer.

Le premier rouleau fut clavé le 21 juin 1863.

Le second a été exécuté du 21 juin au 11 juillet, en maçonnerie très irrégulière, en se hâtant à cause de la malaria[2].

4. Décintrement. — La voûte fut décintrée le 16 septembre 1863, sans tassement appréciable.

5. Ingénieurs. — en chef : M. Vogin ; — ordinaire : M. Doniol.

1. — M. l'Ingénieur en chef Reuss a bien voulu, sur ma demande, faire faire cette photographie.
2. — Sur 132 ouvriers qui travaillaient à la fin de juin, 127 eurent la fièvre.

SOURCES :

S_1. — Annales des Ponts et Chaussées, 1868, 2e semestre, p. 147 à 171, Pl. 171 : « *Pont de Fium'Alto* » — M. Doniol, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

PONT ANNIBAL SUR LE VULTURNE A S. ANGELO PRÈS DE CAPOUE *(ITALIE)*

1868-1870 **E**[1] r^{le} ($\geqslant 40^m$)6

Φ_4 — aval (S_3)



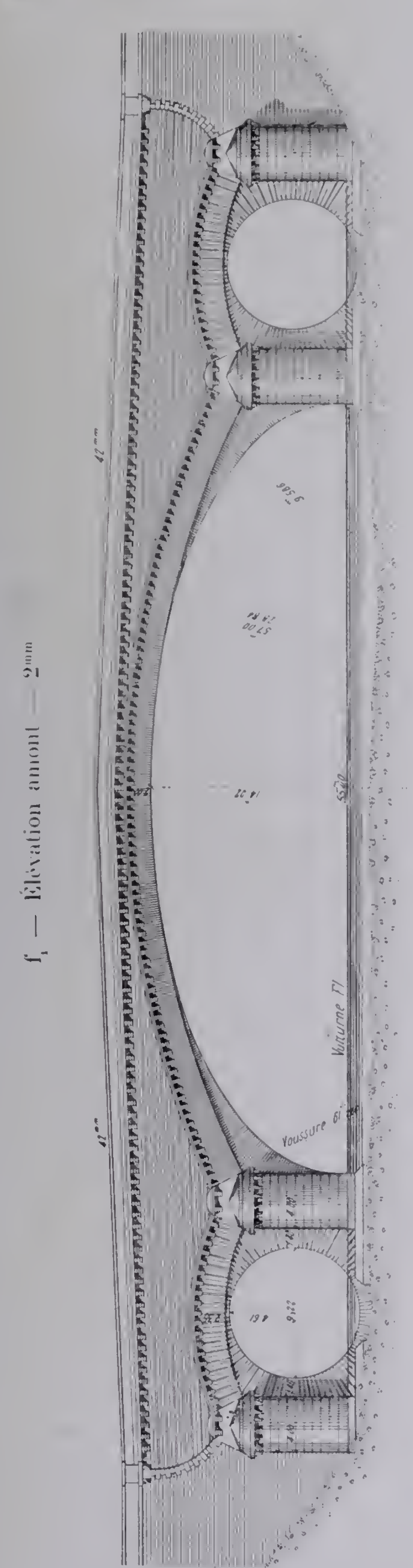
1. Ancien pont. — Il y avait là un vieux pont ruiné à 6 arches inégales, que, d'après une tradition locale, Annibal aurait construit ou détruit. Il en restait les culées, deux arches rive gauche et les fondations des autres piles (S_1).

2. Pont actuel. — La grande voûte repose sur les deux piles de rive de l'ancien pont, élargies, et appuyées contre les vieilles culées par des voûtes annulaires (S_1).

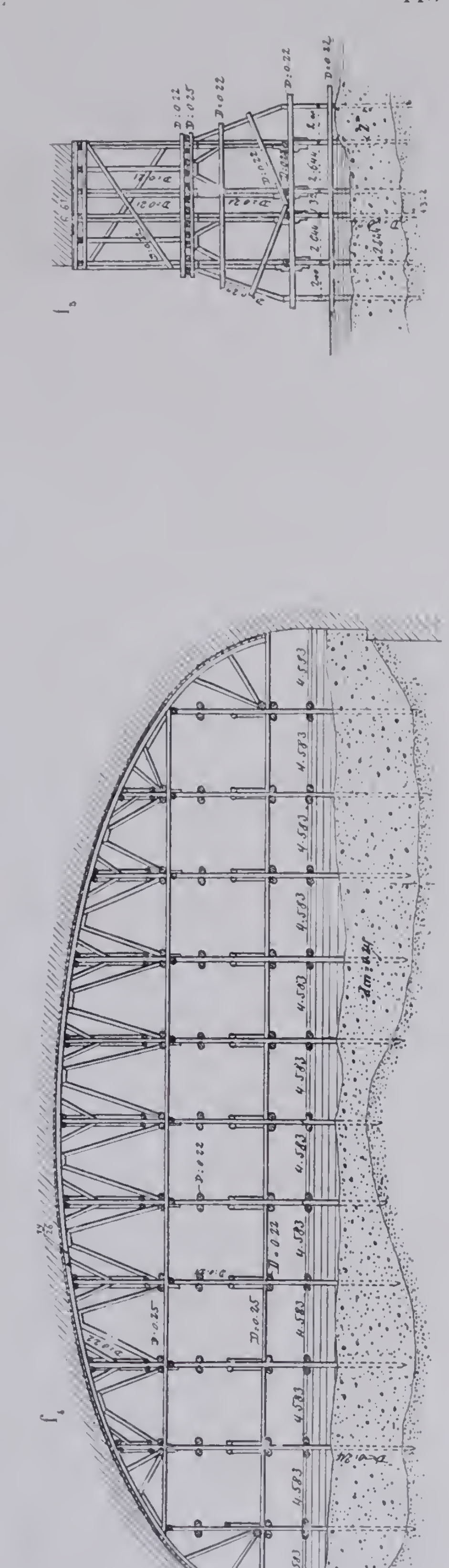
Elle est en pierre de taille sur 1^m au-dessus des naissances, en briques sur les 4^m23 suivants et sur 1^m de chaque côté de la clef. Le reste a été divisé par des plans parallèles aux têtes en 5 anneaux de 1^m322 ; les deux extrêmes et celui du milieu ont été construits en briques ; les autres, moitié en briques, moitié en tuf (S_1) (f_2).

Les briques ont $26^{cm} \times 13^{cm}$. Pour une moitié, l'épaisseur est de $3^{cm}5$, pour l'autre moitié, $4^{cm}5$: avec ces différences, on donnait aux tranches la forme de coins.

Les douelles des yeux des culées et, autant qu'on en peut juger de loin, celle de la grande voûte, sont crépies (S_3).



f$_{1}$ — Élévation amont — 2^{mm}

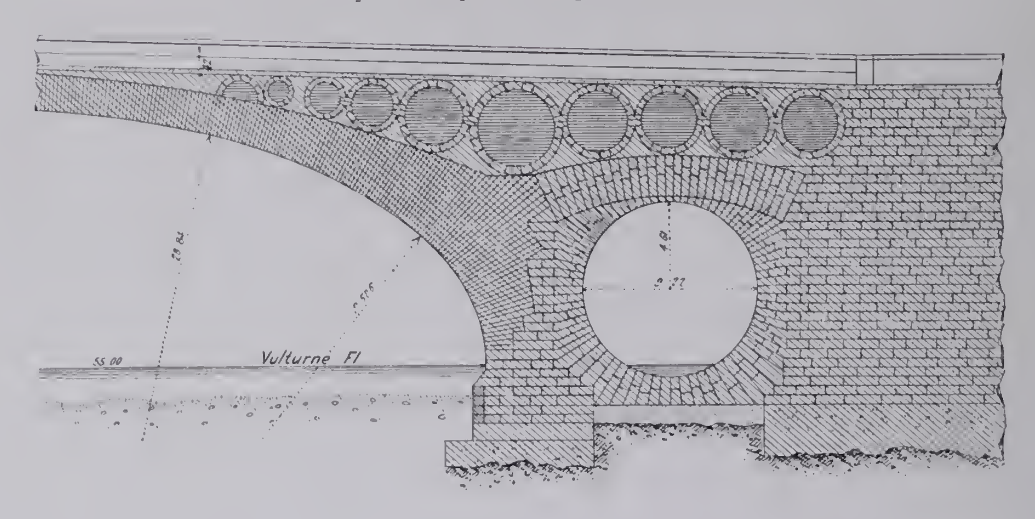


Cintre — 2^{mm}5

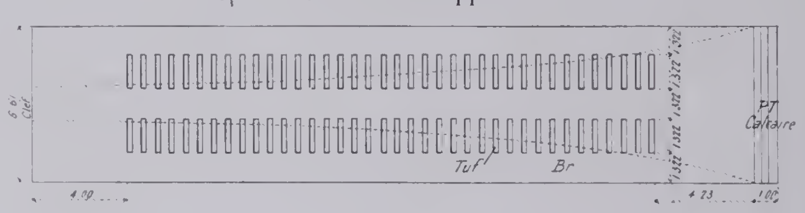
3. **Construction de la voûte.** — La voûte a été construite en trois rouleaux, avec mortiers de plus en plus énergiques, de façon à avoir fait une prise à peu près égale au moment du décintrement.

Pour diminuer la charge sur le cintre pendant la construction du premier, on clava d'abord un segment ayant partout l'épaisseur du rouleau, mais dont la largeur allait en diminuant des reins à la clef.

f_2 — Coupe en long — $2^{mm}5$



f_1 — Douelle développée — 3^{mm}



Même mode de construction pour le deuxième rouleau.

Les rouleaux superposés sont reliés seulement de distance en distance par des voussoirs de tuf.

A mesure que la maçonnerie s'élevait, au droit des premières palées à droite et à gauche, là où elle était fort épaisse, des fissures s'ouvraient, larges de 8^{mm} à l'extrados, s'arrêtant vers le milieu de l'épaisseur.

Puis, la voûte s'avançant vers la clef, quelques autres fissures s'ouvrirent sur les deuxième et troisième palées, mais seulement d'une largeur à l'extrados de 2^{mm}.

Ces fissures du premier rouleau apparurent moindres dans le second, et ne se montrèrent pas dans le troisième.

La voûte a été clavée le 2 septembre 1869, décintrée le 6 avril 1870, l'ouvrage étant déjà ouvert à la circulation.

On décintra, des naissances vers la clef, en entaillant au ciseau les têtes des poteaux sous les vaux.

4. Durée d'exécution (S_1). — Les travaux, commencés le 22 juin 1868, ont été interrompus par les crues de l'hiver 1868-69, et repris le 17 mai 1869.

Il y a eu 17 mois de travail effectif.

5. Ingénieurs.

Projet : M. Giustino Fiocca[1].

Exécution : MM. Giustino Fiocca et Pasquale Sasso.

1. — Inscription à la culée rive gauche :
A GIUSTINO FIOCCA CHE ARCHITETTÒ E COMPÌ L'ARDITO PONTE, LA PROVINCIA POSE 1879 (S_3).

SOURCES :

S_1. — « *Memorie sulla ricostruzione del Ponte Annibale* » Naples, 1871, — M. Pasquale Sasso.

S_2. — Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, p. 428 et suivantes, Pl. 39 : « *Construction des Ponts du Castelet, de Lavaur et Antoinette* » — M. Séjourné. — Note faite d'après S_1 et des renseignements donnés directement par M. Sasso.

S_3. — Ce que j'ai vu. — octobre 1908.

PONT DU DIABLE[1] SUR LE SELE, *(Province de Salerne - ITALIE)*[2]

1871-1872 **E**[1] 1de (≥ 40m)7

Φ_1 (S_3)



1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — Les crues transportent du gravier, du sable, de gros arbres : un pont en fonte construit en 1864-66 s'écroula, à peine fini (S_1).

2. Grande voûte. — La voûte a ses naissances à 3^m sous l'étiage; elle est échancrée aux deux têtes par une voussure en corne de vache, peu justifiée ici.

La douelle en berceau, qui a 7^m de largeur à la clef, n'a plus aux naissances que $7^m - 2 \times 0^m80 = 5^m40$.

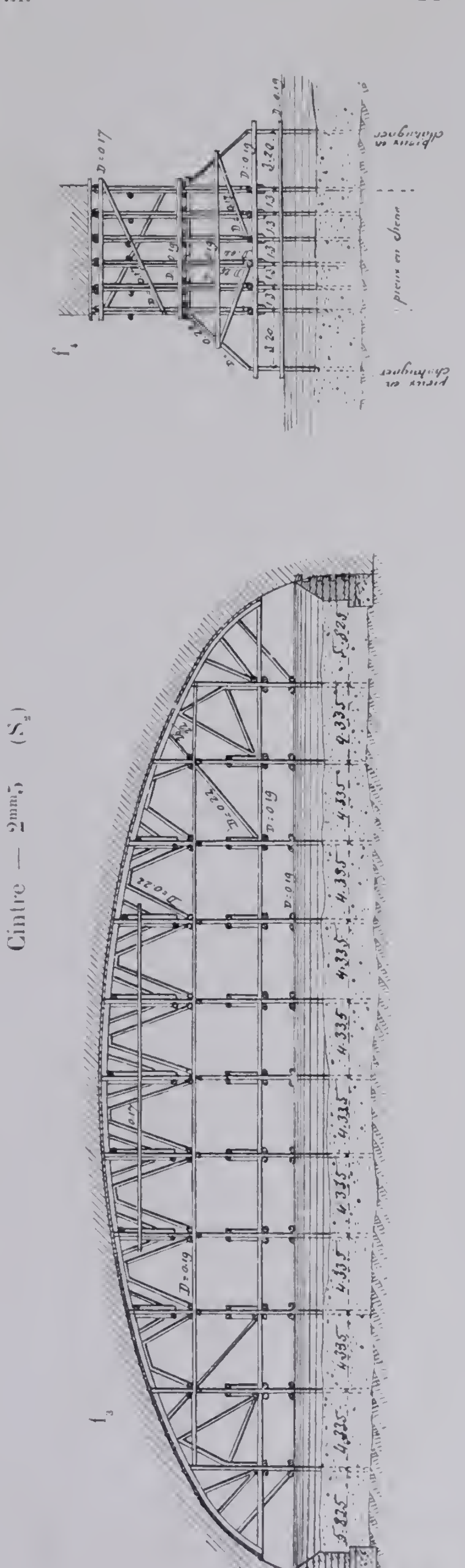
Elle est barbouillée de mortier.

3. Tympans. — Ils ont été revêtus d'un crépi à bandes parallèles à la chaussée ; il est tombé, là où il dissimulait les briques prolongeant les lits du bandeau (S_3).

1. — Ponte del Diavolo, dit aussi : Ponte Fiocca.

2. — A 10 minutes à pied, au nord de la station d'Albanella, ligne de Battipaglia à Reggio de Calabre. (La station suivante est celle de Pæstum). Le pont est un peu en amont du chemin de fer (S_3).

f₁ — Élévation — 2mm (S₂)



f₄

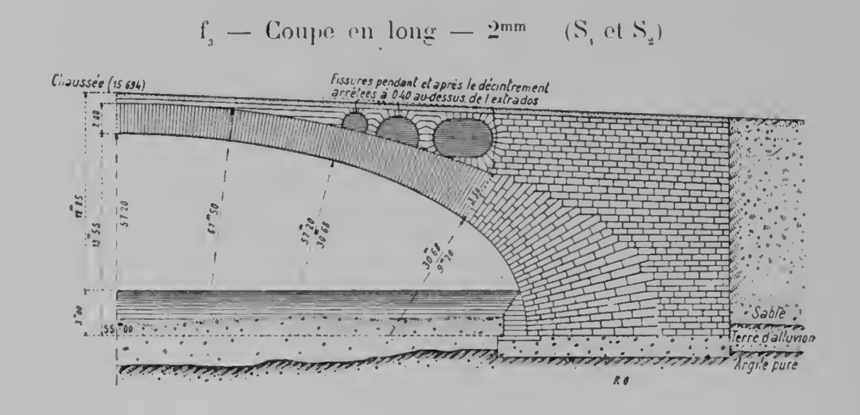
Cintre — 2mm,5 (S₃)

f₃

4. Plinthe (S_4). — La plinthe est portée par des corbeaux en briques. On y voit quelques fissures (f_1)³.

Il n'y a pas de trottoirs, mais de simples bordures de 0^m 40.

f_3 — Coupe en long — 2^mm (S_1 et S_2)



5. Cintre (f_3, f_4). — Cintre très léger, levé en 55 jours (S_1).

6. Mode de construction de la voûte (S_1). — La voûte a été construite en trois rouleaux ayant chacun le 1/3 de l'épaisseur de la voûte, avec mortiers de plus en plus énergiques, afin qu'au décintrement, qui devait être fait vite, tous eussent la même résistance.

On clava d'abord un segment ayant partout l'épaisseur du 1er rouleau, mais dont la largeur allait en diminuant des reins à la clef.

Même mode de construction pour le second rouleau.

Les rouleaux superposés sont reliés seulement de distance en distance par quelques briques engagées.

Pendant la construction, on arrosa constamment les maçonneries, pour empêcher le soleil de sécher le mortier.

7. Décintrement (S_1). — La voûte a été clavée le 26 juillet 1872. On commença le décintrement le 21 octobre, l'ouvrage achevé.

8. Tassements de la voûte (S_1).

Du clavage (26 juillet 1872) à la veille du décintrement (20 octobre)		45^mm
Commencement du décintrement et affouillement dû à la crue du	25 octobre	55
	15 novembre	5
Achèvement du décintrement (24 novembre)		115
Pendant l'achèvement du pont (parapet, chaussée), jusqu'au 12 février 1873		120
Total		340^mm

9. Durée d'exécution. (S$_1$) — De fin mars à fin juillet 1871, on fonda les culées. On s'arrêta en juin à cause de la fièvre ; puis, tout l'hiver, à cause des crues.

On reprit en avril 1872. On travailla, cette fois, tout l'été. Malgré la malaria, malgré les bandits qui tenaient le pays, et bien qu'il fallût amener de loin ouvriers et matériaux, on a fait, en 12 mois de travail effectif, cet ouvrage dont la voûte est demeurée, avec celle du pont Annibal, la plus grande en ellipse surbaissée.

10. Dépense (S$_1$).

Cintre, pieux de fondation, pont de service................	82.000 f
Maçonneries...	248.000 f
Total (accès et intérêts non compris).........	330.000 f

11. Ingénieurs (S$_1$).

Projet : M. Giustino Fiocca.

Travaux : MM. Giustino Fiocca et Pasquale Sasso.

SOURCES :

S$_1$. — « *Ponte del Diavolo sul Fiume Sele al Barizzo* » M. Pasquale Sasso, Naples 1873.

S$_2$. — Annales des Ponts et Chaussees, octobre 1886, p. 428 et suivantes. Pl. 39 : « *Construction des Ponts du Castelet, de Lavaur et Antoinette* ». M. Séjourné. - Note faite d'après S$_1$ et des renseignements donnés directement par M. Sasso.

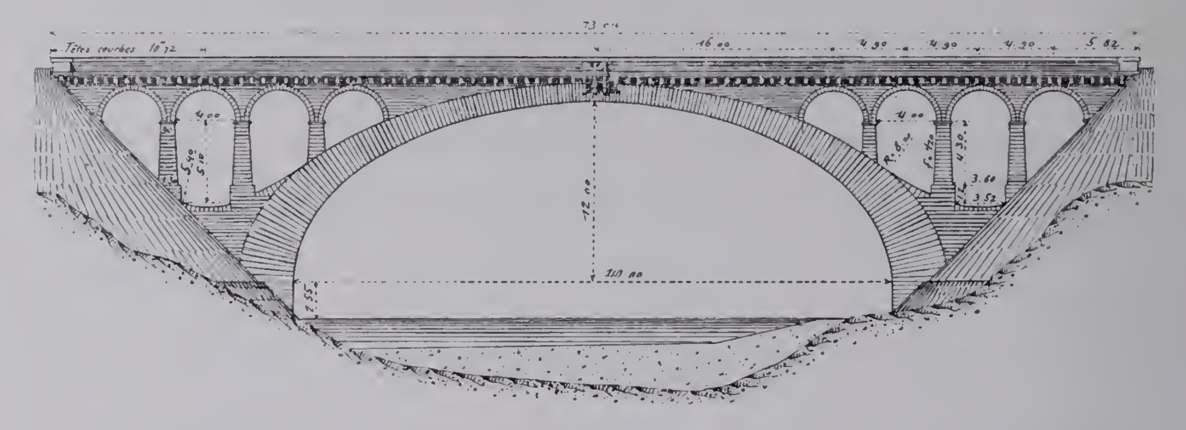
S$_3$ — Ce que j'ai vu — octobre 1908.

PONT DE SAINT-PIERRE[1] SUR LE DADOU *(TARN)*

Chemin de grande communication n° 19

1886 $\mathbf{E}^1$ r^{le} ($\square$ 40^m)^8

f_1 — Élévation — 2^{mm} (S_1)

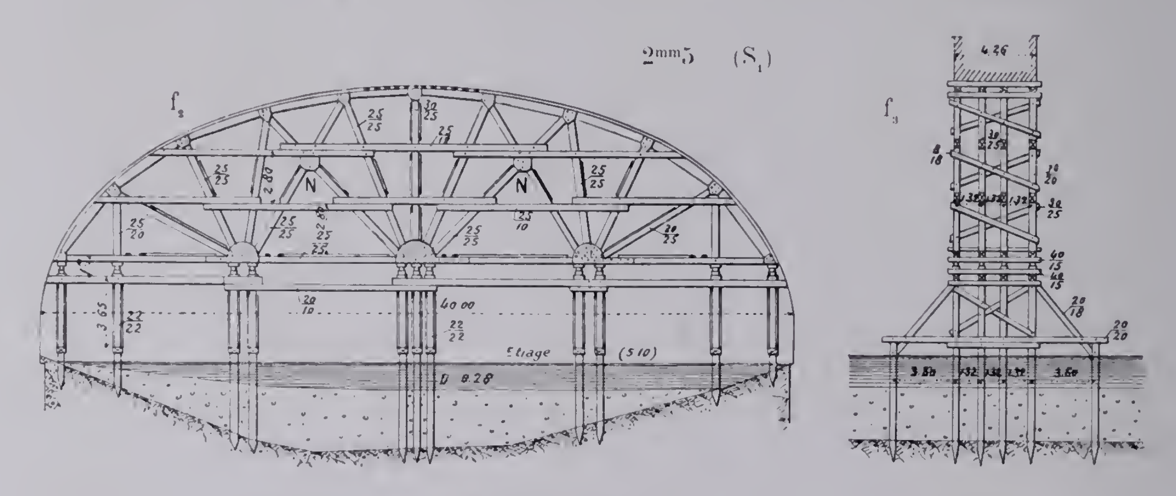


1. Intrados. — Une grande arche était là bien justifiée, — mais pourquoi en ellipse ?

2. Cintre. — Les assemblages sont recouverts de plaques de tôle de 5^{mm}. L'espacement des couchis varie de 0^m21 à la clef à 0^m35 aux reins.

Le cintre est imité de celui du Pont Antoinette[2], sauf les deux nœuds N, (f_2).

$2^{mm}5$ (S_1)



Le battage des pieux a coûté, en moyenne :

par pieu..	26^f58
par mètre courant de fiche........................	11^f32

Pour une longueur moyenne de 5^m39, un pieu (chêne), mis en place, saboté, est revenu à l'entrepreneur à 49^f48.

1. — Commune de Saint-Gauzens (Tarn). — Près de la halte de Puybegon-Saint-Sernin (Tramway à vapeur de Laboutarie à Lavaur).

2. — $\widehat{\mathbf{A}}^1$ F^r ($\square$ 40^m)^5 - (Tome II), — achevé deux ans plus tôt dans le même département.

3. Exécution de la grande voûte. — On a suivi l'instruction rédigée pour le pont de Lavaur[3].

Φ_1 (S_2)



4. Dépenses.

Fouilles	1.596 f 29
Maçonneries	86.897 f 70
Charpente	18.747 f 17
Somme à valoir	2.444 f 76
Total	109.685 f 92

5. Ingénieur. — *Projet et Exécution :* M. Antraigues, Agent-Voyer en chef du Tarn.

3. — $\widehat{\mathbf{A}}^1$ F^r (< 40m)^{f} - (Tome II), — achevé deux ans plus tôt dans le même département.

SOURCES :

S_1. — Annales des Chemins Vicinaux, juin 1888, p. 293 à 334, Pl. XVI à XX : « *Mémoire « sur la construction du Pont de Saint-Pierre* », M. E. Antraignes.

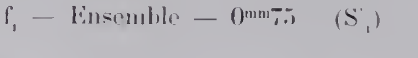
S_2. — Ce que j'ai vu — août 1908.

PONT DE L'AVENUE EDMONDSON

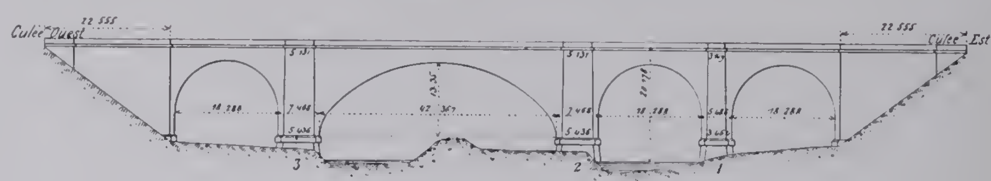
SUR LA VALLÉE DE GWYNN'S FALLS ET LE CHEMIN DE FER « WESTERN MARYLAND »

A BALTIMORE *(Maryland - ÉTATS-UNIS)*

1908-1909 **E**^{1} r^{te} ($\geqslant 40^m$)9



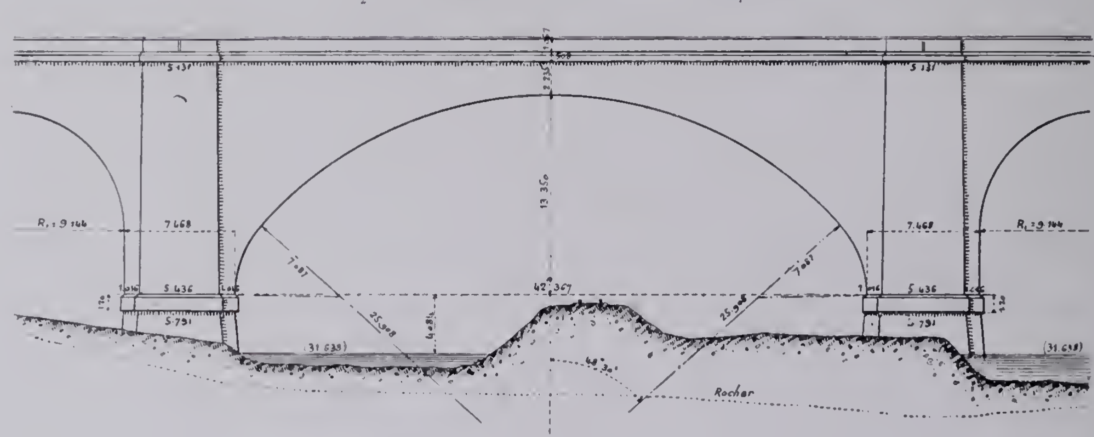
f_1 — Ensemble — $0^{mm}75$ (S'_1)



1. Construction en deux moitiés (S''_1). — L'ouvrage est à la place d'un pont métallique à trois travées, devenu insuffisant. Il fallait maintenir la circulation (piétons, voitures, tramways électriques).

On a construit la moitié Nord du nouveau pont, la circulation passant sur la moitié Sud conservée de l'ancien, puis, la moitié Sud du nouveau, la circulation passant sur sa moitié Nord.

f_2 — Grande voûte — 2^{mm} (S'_1)



2. Béton non armé et béton armé (S_2). — Tout est en béton.

On a seulement armé :

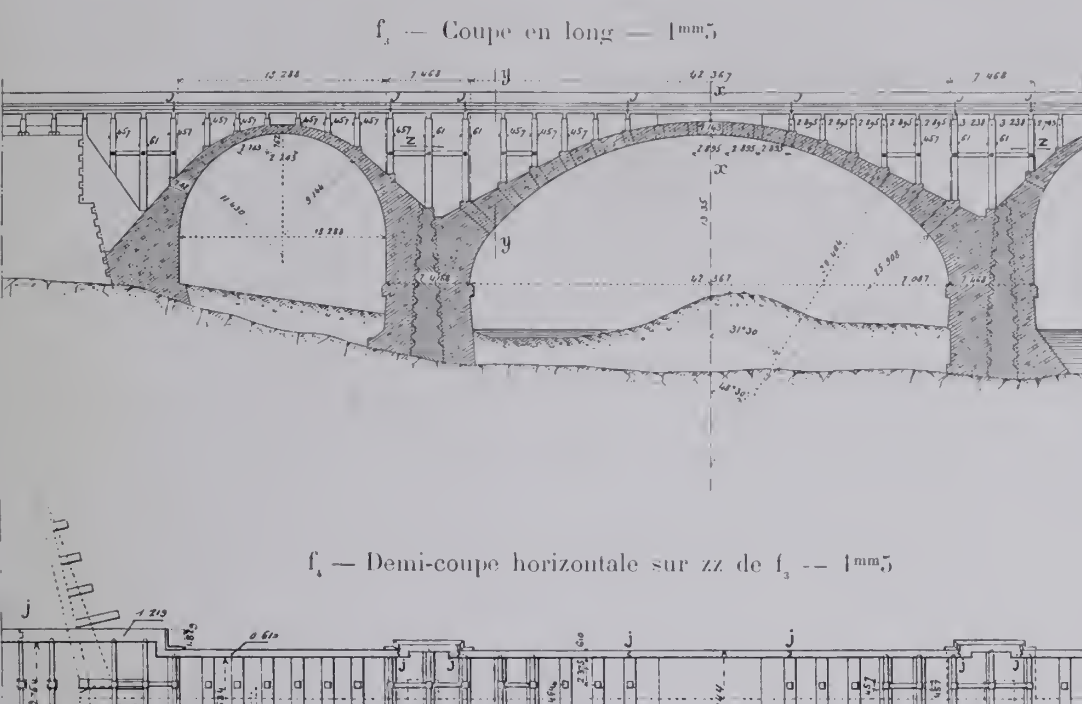
le hourdis sous chaussée, lequel est porté par des poutrelles de 304^{mm} enrobées dans du béton, ancrées dans les tympans (f_6, f_7) ;

les piliers, qui supportent ces nervures entre les tympans (f_3, f_4, f_6, f_7, f_8) ;

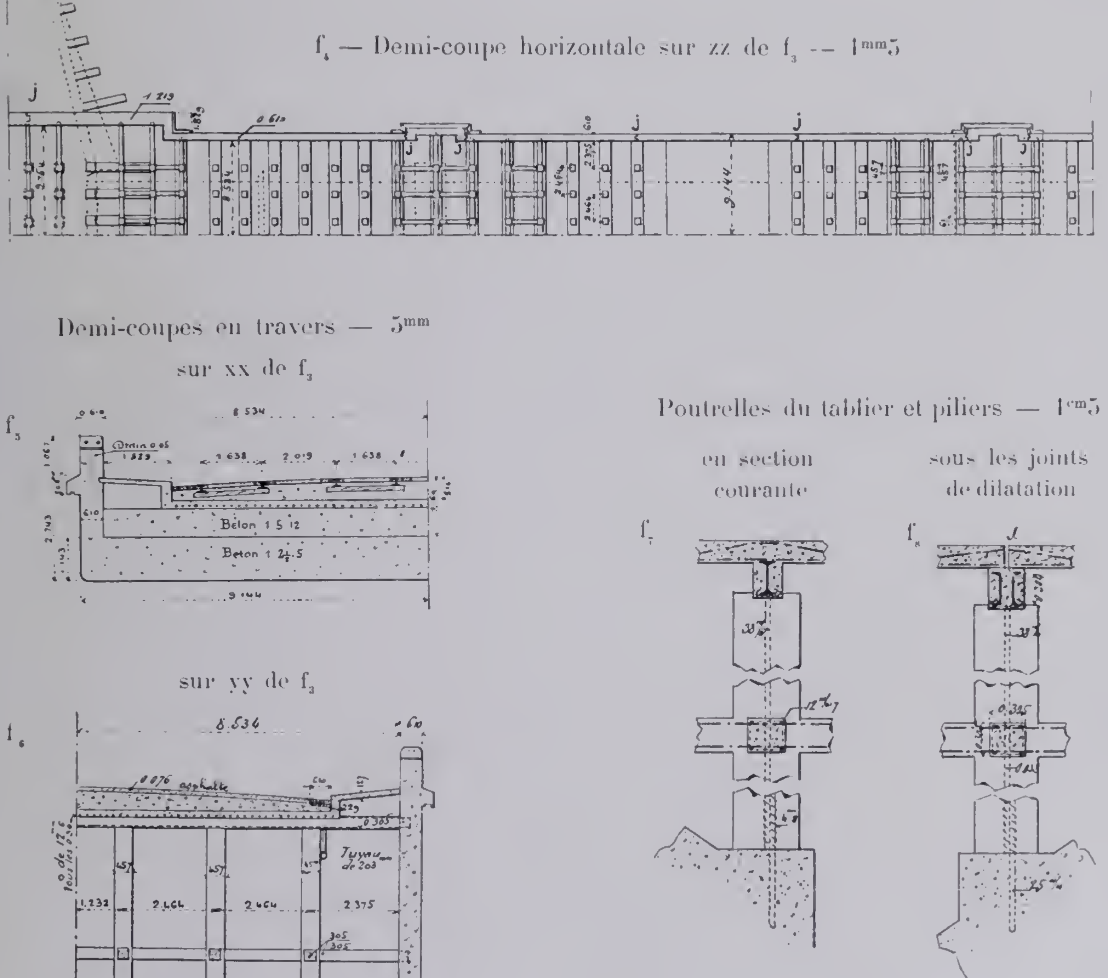
le trottoir de $12^{cm}7$ d'épaisseur, — par des barres de 25^{mm} espacées de 152^{mm} (f_5, f_6) ;

le bahut des parapets, lequel est chevillé dans les fûts en béton qui prolongent les murs de tympans (f_5, f_6).

f_3 — Coupe en long — 1mm5



f_4 — Demi-coupe horizontale sur zz de f_3 — 1mm5



Demi-coupes en travers — 5mm

sur xx de f_3 (f_5)

sur yy de f_3 (f_6)

Poutrelles du tablier et piliers — 1cm5

en section courante (f_7)

sous les joints de dilatation (f_8)

3. Écoulement des eaux (S''_1, S_2). — Des tuyaux en fonte (f_6) traversent la plate-forme, et amènent l'eau dans l'axe des piles à des conduites verticales débouchant à l'étiage ; des trous d'homme permettent d'en visiter l'entrée.

4. Chape (S_2). — On a appliqué deux couches de coaltar sur l'extrados de la voûte et sur la plate-forme en béton armé, leurs surfaces étant bien sèches.

5. Parements (S''_1, S_2). — Les parements vus sont bouchardés.

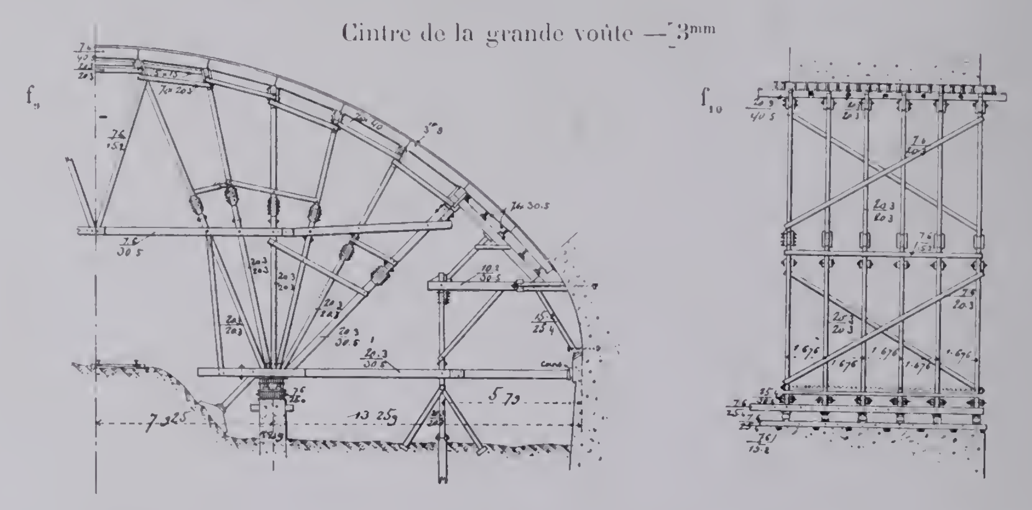
Les cordons des naissances, la plinthe, les bahuts des parapets, sont enduits de mortier, (1 de ciment, 3 de petit gravier bleu).

6. Joints de dilatation (S''_1, S_2) (f_3, f_7, f_8). — Au-dessus du cerveau de la grande voûte, au-dessus des piles, dans les culées, des joints transversaux *j* coupent la plate-forme ; ils sont continués, dans les tympans et les murs en retour, par des joints à rainures et languettes verticales (f_4).

Le hourdis des trottoirs est coupé tous les 1^m829 (S''_1).

7. Cintres (S_3)[1]. — Les cintres ont été transportés de la moitié Nord, construite la première, sous la moitié Sud.

Cintre de la grande voûte — 3^{mm}



8. Exécution (S_3). — *A. – Culées.* — Pour lier le béton à l'ancienne maçonnerie conservée, on enleva, sur 25 % de sa surface, des moellons du parement.

On coulait le béton par couches de 23^{cm} à 60^{cm} en fondation, de 15^{cm} en élévation, pilonné de façon à ce que le pied n'y enfonçât que de 5 à 10^{cm}.

Chaque soir, on l'arasait horizontalement ; puis, sur le 1/10e de sa surface, on y enfonçait à la main des pierres sur la moitié de leur hauteur.

Le lendemain matin, on enlevait ces pierres, et on lavait la surface du béton.

On démoulait 3 jours après le bétonnage.

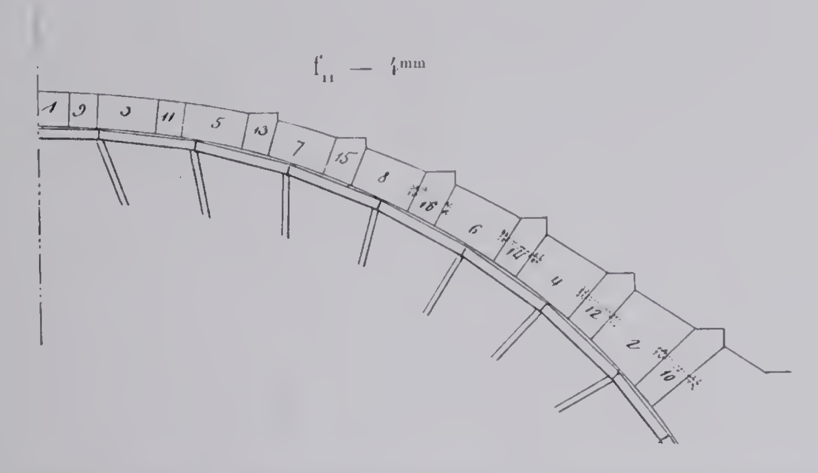
Le béton de parement était tenu humide pendant au moins 7 jours.

On a autorisé dans le béton 40 % de grosses pierres pesant jusqu'à 3 tonnes.

1. — Projet de l'Ingénieur-Conseil, modifié par l'Entrepreneur.

B.– Pile-Culée 3 (f_1). — On descendit jusqu'au rocher, à 6^m sous l'eau, dans un batardeau à palplanches d'acier de $9^m15 \times 22^m87$; l'ancienne fondation, qui était en partie affouillée, se fissura pendant les travaux ; on la reprit en sous-œuvre sur 30 % de sa section et sur 1^m22 de profondeur, en la maintenant par des colliers d'acier. Elle ne tassa plus (S''_1).

C.– Grande voûte (S_3). — On l'a construite, dans l'ordre des chiffres de (f_{11}) en 16 paires de tranches symétriques par rapport à la clef, alternativement minces et épaisses.



On bétonnait d'abord les tranches épaisses, en soutenant celles des reins :
à la moitié Nord de la voûte, par des fers en I ;
à la moitié Sud, par des fers de l'ancien pont.

D.– Arches latérales (S_3). — On les a construites en 5 tranches ; d'abord celle de la clef.

9. Dates (moitié Nord).

Grande voûte — Exécution	30 novembre — 10 décembre 1908	
Grande voûte — Décintrement	3 mars 1909	
Ouverture à la circulation	Juin 1909	

10. Personnel (S''_1, S_2).

Ingénieurs. — *Projet et Direction des Travaux :* MM. B. T. Fendall, Ingénieur de la Ville ; J. S. Doyle, Sous-Ingénieur ; W. J. Douglas, Ingénieur-Conseil.

Entreprise : « The Baltimore Ferro-concrete C° » (Ingénieur : M. Henri Kampmann.)

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution (S'_1) et renseignements (S''_1), gracieusement communiqués par M. B. T. Fendall, sur l'invitation de M. W. J. Douglas, « Consulting Engineer » à Washington.

S_2 — Engineering Record, 19 juin 1909, p. 766 et 767 : « *The Edmondson Avenue Bridge,* « — *Baltimore* ».

S_3. — Engineering Record, 14 août 1909, p. 172 à 175 : « *The construction of the* « *Edmondson Avenue Bridge, Baltimore* ».

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $E^1 F^r$ ($\geqslant 40^m$)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT - Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances*	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Signac** *France* 1871-1872 E[1]Fr (≥40m)[1]	*54m* 17mm 17m25	4m,50 *1m,20* Pas de fruit 0m85	Anse de panier à 19 centres **40m,00** *12m312* $\frac{1}{3,25}$ = 0,308 *35m92* *7m42*	1m,70 *3m,25*	1m,20 *1m,70 aux naissances*	Bandeaux : PT[1] à bossages Douelle : PT sur 1m60 d'épaisseur moyenne Queutage : au cerveau, sur 22m PT ; aux reins MOV[1] *Au-dessous du milieu de la montée : Chaux 300k ; au-dessus : Ciment de Boulogne 666k*	Pression moyenne à la clef, avec surcharge : 16k3 *St-Guilhem* »	1° Pas d'évidements Remplissage en pierres sèches 2° »
sur le **Verdon** *France* 1905-1906 E[1]Fr ([illegible] 40m)[2]	*64m60* 0 12m13	5m,58 1 voie : 4m55 1 passage pour piétons : 1m00 *1m85* Pas de fruit 0m70	Ellipse **40m,00** *10m00* $\frac{1}{4}$ = 0,25 *40m* *5m*	1m,50 *2m,70*	1m,30 *1m15 au milieu de la montée*	Bandeaux : PT petit appareil Douelle : ME[1] Queutage : ME au-dessus de 65° *Au-dessus de 81°, Ciment artificiel lent*	Pression moyenne : avec surch. / sans surch. Clef : 14k5 / 8k3 60° : 19k2 / 5k5 *Méry* »	1° Pas d'évidements Remplissage en pierres sèches 2° »

1 Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6

A VOIE NORMALE — SÉRIE $E^{I} F^{r}$ (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg (0m01)² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	 par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_v au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3] de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rocher *…caire taillé en gradins* » » »	Fixe » 16 Boites à sable aux 4 palées centrales, 8 Vérins aux 2 intermédiaires Coins aux 2 extrêmes	4 *30cm* 1m25 »	139mc 590k 10730f	0mc71 3k0 54f8	2 rouleaux le 2e aux reins seulement	Voûte nue *68 jours* 3 avril	t'_v 0 t''_v (sous la charge des tympans) 2mm	Q = 1250mc Q : S_p = 5mc14 Q : W = 0mc34 D = 77 204f (non compris le tablier métallique et sa culée) D : S_p = 317f7 D : W = 21f2 D : Q = 61f8
Marne compacte — 11m22 et — 13m22 Pressions : …axima 14k …oyenne 8k *…r comprimé*	Fixe Poteaux, poinçons, triangles. » Boites à sable	4 *25cm* 1m40 *50mm*	88mc 2237k 8786f	0mc39 10k0 39f1	A partir de 45° de la clef : 2 rouleaux Au 1er rouleau : 4 tronçons, 11 clavages. Au 2e rouleau : 4 tronçons, Joints secs mates	Ouvrage achevé *75 jours après achèvement du 1er rouleau,* *35 jours après achèvement du 2e* 19 septembre	t_v 14mm t'_v 0mm6	(Fondations / Élévation / Ensemble) Q : 2085mc / 2039mc / 4124mc Q : S_p : 5mc78 / 5mc65 / 11mc43 Q : W : 0mc58 / 0mc57 / 1mc15 D [6] : 151316f / 74760f / 226076f D : S_p : 419f8 / 207f4 / 627f2 D : W : 42f7 / 21f8 / 63f7 D : Q : 72f6 / 36f7 / 54f8 6. — Non compris les guideaux et quarts de cône qui ont coûté ensemble 42 170f

Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3). — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $E^1\ F^r\ (\simeq 40^m)$

MONOGRAPHIES

PONT SUR LA PIQUE A SIGNAC *(HAUTE-GARONNE)*

Ligne de Montréjeau à Bagnères-de-Luchon

1871-1872 $E^1\ F^r\ (\ \ 40^m)\ 1$

$\Phi_1\ (S)_1$



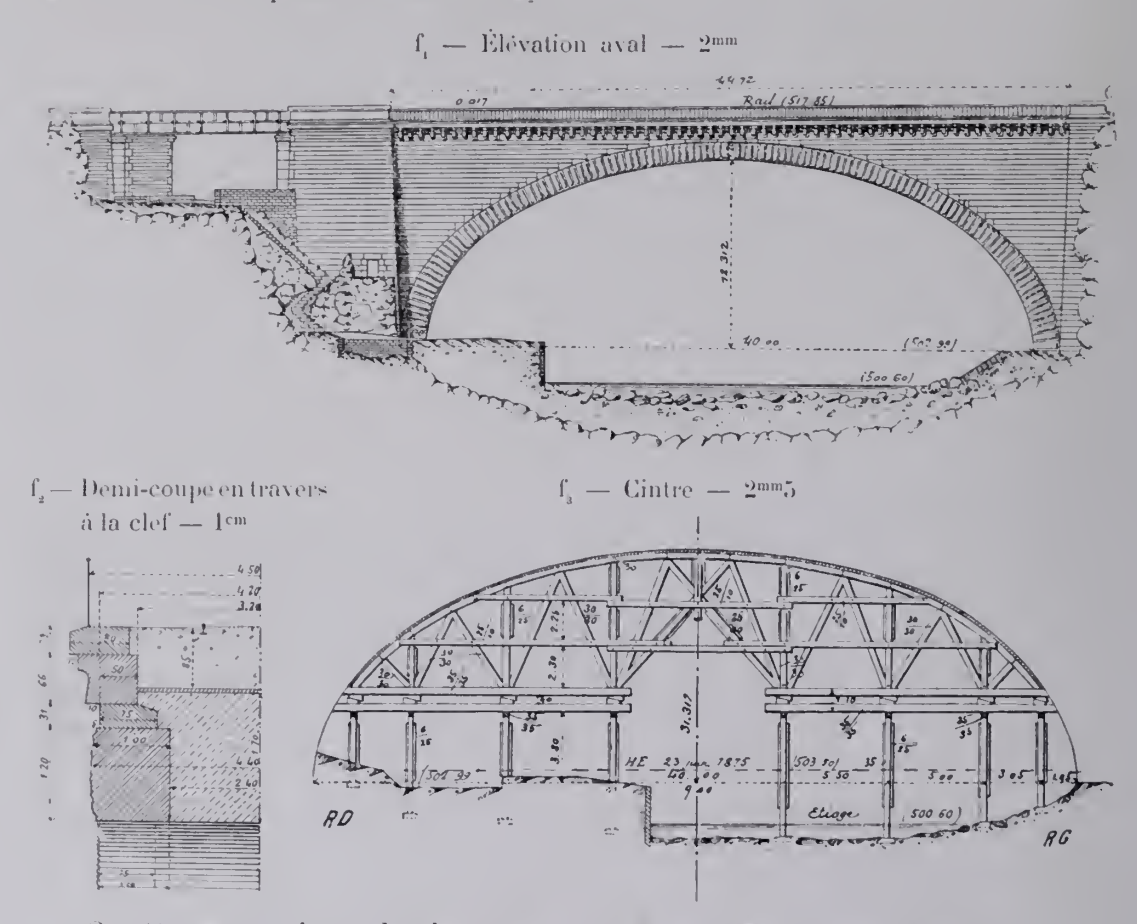
1. Intrados. — L'intrados est en anse de panier à 19 centres, déterminée par la méthode Saint-Guilhem[1] (S_1).

1. — Annales des Ponts et Chaussées. 1859, 1er semestre, p. 83 à 106 : « *Mémoire sur l'établissement « des arches de pont assujetties aux conditions du maximum de stabilité* », par P. Saint-Guilhem, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

2. Cintre (f_3). — Les palées portent sur une semelle transversale posée, pour les 4 de rive droite, au fond d'une fouille, pour les 4 de rive gauche, dans le lit de la Pique.

Pour exécuter en eau tranquille les 4 palées de rive gauche, on établit à l'aval un barrage d'enrochements ; puis, pour prévenir les affouillements, on enrocha tout le lit de la Pique sous le cintre (S_2).

f_1 — Élévation aval — 2mm



f_2 — Demi-coupe en travers à la clef — 1cm

f_3 — Cintre — 2mm5

3. Construction de la voûte *(octobre 1871 – mars 1872).* — Le premier rouleau avait une épaisseur moyenne uniforme, celle de l'ouvrage à la clef. Le second a complété l'épaisseur aux reins.

Le 16 janvier 1872, les têtes sont clavées, les voussoirs du corps étant en retard d'une vingtaine de cours.

Le premier rouleau est clavé le 26 janvier 1872 ; le second, le 4 mars.

On décintra le 3 avril 1872.

4. Ingénieurs. — en chef : M. Decomble ; — ordinaire : M. Schellinx.

SOURCES :

S_1. — Collection de dessins dressés par le Service Constructeur après achèvement de la ligne de Montréjeau à Bagnères-de-Luchon.

S_2. — Note sur l'exécution, de M. le Conducteur Laurans (mai 1872).

PONT SUR LE VERDON, PRÈS DE LA MURE[1] (BASSES-ALPES)

Ligne de Saint-André à Puget-Théniers. — voie de 1m [2].

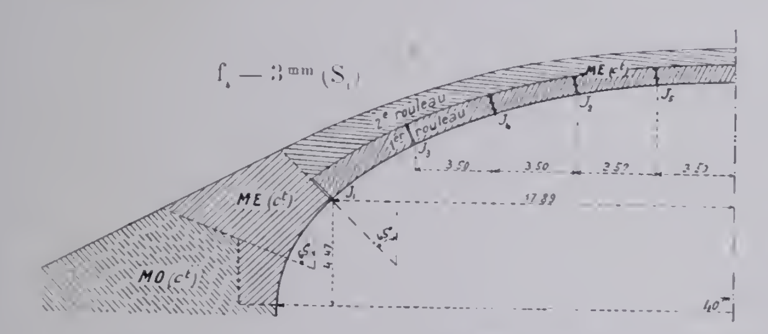
1905–1906 **E**[1] Fr 40m 2

Φ₁ - aval (S⁻₂)[3]



I. Exécution de la voûte. — Le 1er rouleau a été exécuté en quatre attaques (f_4) : en J_1 sans coffrages, en J_2 sur taquets, au droit d'un poteau du cintre. On a ménagé des joints secs au droit de chaque poteau (J_3, J_4, J_5).

Il a été commencé le 15 juin 1906, clavé le 5 juillet, fort retardé par le manque de matériaux.



Tous les joints ont été matés au refus dans l'ordre suivant : clef, J_5, J_2, J_4, J_1, J_3 (du 5 au 9 juillet 1906).

On n'avait pas posé à sec la première file du premier rouleau, à partir du lit J_1, mais la deuxième. Quand le premier rouleau a été achevé, et avant le matage de ses joints secs, la première assise s'est ouverte à l'extrados et comprimée à l'intrados. Au-dessous, le cintre était détaché de la voûte, et, comme on l'a observé au décintrement, le sable des boîtes de rive avait fort peu tassé.

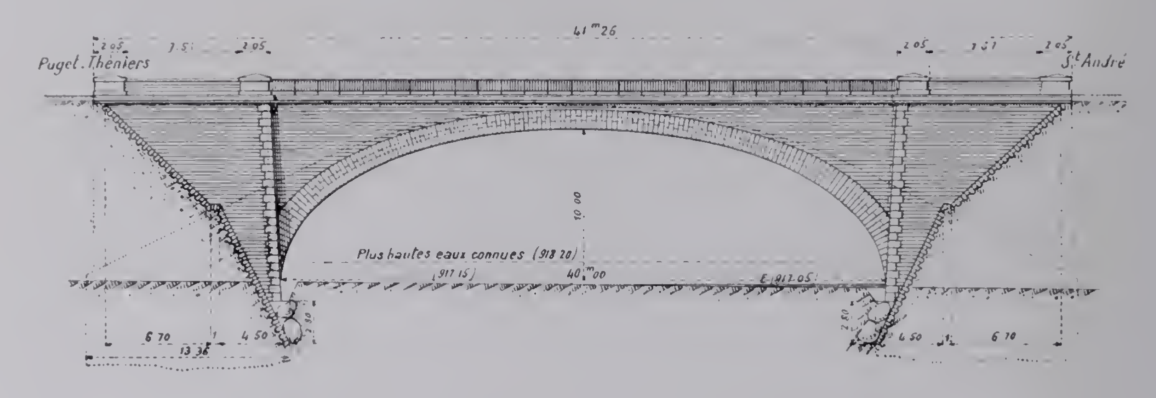
1. — A 1km4, vers Puget-Théniers, de la station de La Mure.

2. — Les ouvrages d'art sont construits et les ponts métalliques calculés, pour permettre de poser la voie normale.

3. — Cliché de M. J. Giletta, Photographe à Nice.

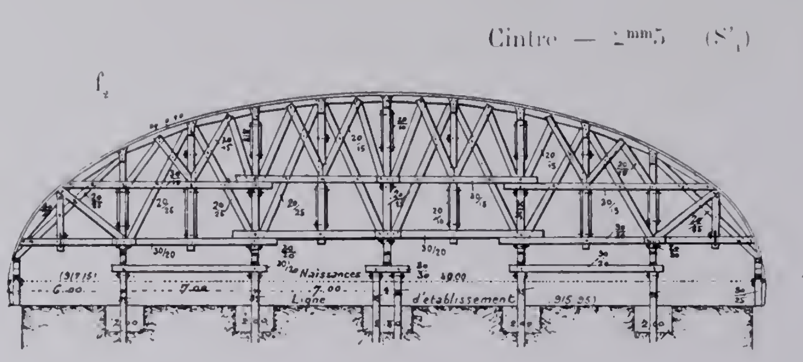


f₁ — Élévation amont — 2^mm (S'₁)

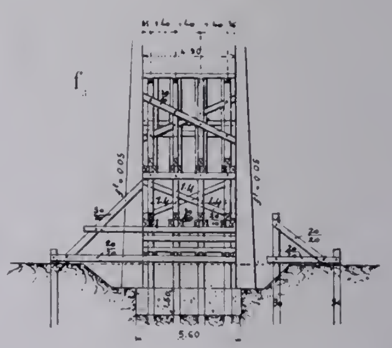


Cintre — 2^mm5 (S'₁)

f₂



f₃

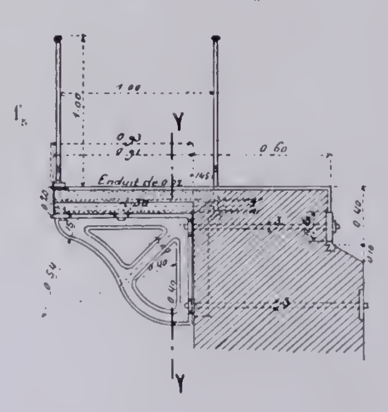


Passage pour piétons (Tête aval)

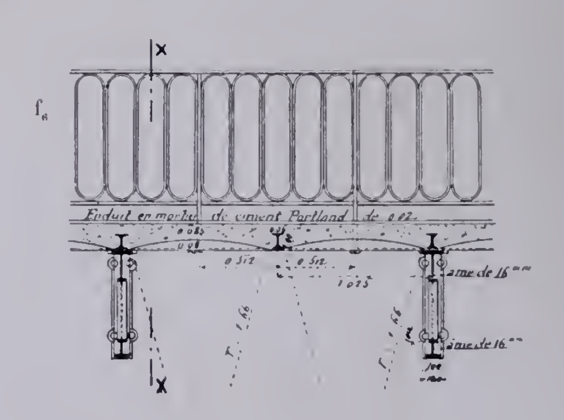
Coupes — 2^m (S'₂)

sur xx de f₆ — sur yy de f₅

f₅



f₆



2. Temps et coût des matages		Surfaces matées	Heures passées au matage	Dépense
Joints	de lit	63 mq	»	»
	parallèles aux têtes	25	»	»
Ensemble		88 mq	584 h	262 f 91
Par m. q. de surface matée, en comptant les joints de lits seuls			9 h 3	4 f 19
En comptant la surface totale			6 h 6	3 f

Au deuxième rouleau, en ne comptant que les joints de lits seuls, le temps est de 4 h au lieu de 9 h 3, et la dépense de 1 f 65 au lieu de 4 f 19.

3. Dates d'exécution.

Commencement des travaux		29 mai 1905
Achèvement des fondations		14 octobre
Voûte	Commencement	15 avril 1906
	1er rouleau	15 juin — 5 juillet
	Clavages	5 — 9 juillet
	2e rouleau	16 juillet — 14 août
Achèvement de l'ouvrage		14 septembre
Décintrement		19 septembre

4. Personnel (S'''₂).

Ingénieurs :

en chef : *Projet et Travaux* : M. Zürcher.

ordinaire : *Projet* : M. Guignard ; *Travaux* : M. Guignard, puis M. Varvier.

Entrepreneurs : MM. Vitte et Allard.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution (S'_1), décompte (S''_1) et renseignements (S'''_1), gracieusement communiqués par M. Lemoine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

S_2. — Dessins (S'_2), photographie (S''_2) et renseignements (S'''_2), qu'a bien voulu m'adresser M. Domergue, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

(Ce dont la source n'est pas spécifiée est de S'''_1).

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS ROUTE

Série E^{n} r^{te} ($> 40^{m}$)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage* 1	PROJET — ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage 2	ENSEMBLE Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados 3	GRANDES VOÛTES — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances* 4	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Milieu de la montée* 5	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins* 6	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment* 7	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées 8	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES* 9
de **Londres** *(London Bridge)* 1824-1831	*306m 32*	19m812 *17m069*	*Voûte centrale* Ellipse **46m328** *11m532* $\frac{1}{4,017}$ = 0,249 *16m52* *5m71*	1m337 *2m60*	1m337 *2m60*	Bandeaux et Douelle : PT[1] Granit		1° Dalles sur 7 murs longitudinaux
E^n r^{le} (40m)[1] *5 voûtes en ellipse :* *1 centrale de 46m328,* *2 intermédiaires de 42m671,* *2 de rive de 39m623.*	» 14m	Pas de fruit 0m99	*Voûtes intermédiaires* Ellipses **42m671** *11m333* $\frac{1}{3,765}$ = 0,266 *10m156* *6m018*			Queutage : PT[1] Grès »		2° »
de l' **Alma** à **Paris** 1854-1855 E^n r^{le} (40m)[2] *3 voûtes en ellipse à 1/5 :* *1 centrale de 43m00,* *2 de rive de 38m50.*	*139m* » 9m00	20m00 *20m60* Pas de fruit 0m45	*Voûte centrale* Ellipse **43m00** *8m60* $\frac{1}{5}$ = 0,20 *53m75* *3m11*	1m50 *d'abord 2m70 réduite à 1m70*	1m30 *1m90 aux naissances de la voussure*	Bandeaux : PT[1] Douelle : Meulière piquée Queutage : MOV[1] grossièrement lités Meulière *Ciment de Vassy 1mc*		1° 7 voûtes longitudinales en arc, de 2m1 à 2m95, sur murs de 0m35 2° *Voussure en corne de vach*

1 — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE E^n r^{le} (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg : (0m01)² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
			Voûte centrale					
Argile » » *Plateforme sur pilotis*	Retroussé sur 13m50 » »	» *36cm* »					t'_v 63mm	*Pont de 1831* D = 15 917 454f D : S_p = 3186f7 D : W = 255f9 *y compris l'élargissement de 1904* D = 17 177 454f D : S_p = 2830f4 D : W = 227f3
			Voûte centrale					
Piles *Argile à lignites* » » *Caisson foncé sur pilotis de 32 × 32 espacés de 1m* Culée R G *Sable et rognons de tuf* − 0m30 » *Épuisements* Culée R D » *Pilotis*	Retroussé sur 11m80 (marinier) » »	11 *30cm* 2m06				Tympans et chaussée achevés » 29 octobre	» $t'_v + t''_v$ 133 jours après le décintrement tassement propre : amont 56mm aval 78mm abaissement total : amont 341mm aval 520mm	D = 2 075 760f D : S_p = 746f7 D : W = 58f3

Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

<table>
<tr><td rowspan="3">PONT
Date
Symbole
En quoi consiste l'ouvrage</td><td colspan="8">PROJET</td></tr>
<tr><td colspan="2">ENSEMBLE</td><td colspan="6">GRANDES VOÛTES</td></tr>
<tr><td>Longueur entre abouts des parapets
Déclivités
Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage</td><td>Largeurs entre parapets
entre tympans sous la plinthe
Fruit des tympans
Revanche de la chaussée sur l'extrados</td><td>INTRADOS
Portée
Montée
Surbaissement
Rayons de courbure : à la clef, aux naissances</td><td>ÉPAISSEURS
CORPS
Clef
Milieu de la montée</td><td>TÊTES
Clef
Reins</td><td>MATÉRIAUX
Mortier
Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment</td><td>PRESSIONS en kg $\overline{0^{m}01}^{2}$
Hypothèse adoptée
Surcharges supposées</td><td>1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS
2° DÉCORATION DES TÊTES</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr>
<tr><td rowspan="2">de
Mantes
France
Reconstruction de
1873-1875
E^{n} r^{te} (> 40^{m})^{3}
<i>3 voûtes en anse de panier à 11 centres : 1 centrale de 40^{m}, 2 de rive de 36^{m}50 à $\frac{1}{3,31}$</td><td rowspan="2">136^{m}90</i>

11^{m}</td><td rowspan="2">10^{m}
<i>10^{m}80</i>
Pas de fruit
»</td><td colspan="5"><i>Voûte centrale</i></td><td rowspan="2">1°
Voûtes transversales cachées de 5^{m} en arc de cercle.
2°
»</td></tr>
<tr><td>Anse de panier à 11 centres
40^{m},00
<i>11^{m} 42
$\frac{1}{3,5}$ = 0,286
35^{m}03</i>
»</td><td>1^{m},60
<i>3^{m},50</i></td><td>1^{m},64
»</td><td>Bandeaux et Douelle : PT [1]
de Tessancourt et Saillancourt.
Queutage :
Meulière
Portland Lonquety de Boulogne</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">de
Verdun sur-le-Doubs
France
1895-1897
E^{n} r^{te} (> 40^{m})^{4}
<i>3 voûtes en ellipse : 1 centrale de 41^{m}, 2 de rive de 38^{m}50 à $\frac{1}{1,52}$</td><td rowspan="2">116^{m}</i>

11^{m}</td><td rowspan="2">6^{m}
<i>5^{m}92</i>
Pas de fruit
0^{m}42</td><td colspan="5"><i>Voûte centrale</i></td><td rowspan="2">1°
Voûtes transversales vues en plein cintre de 2^{m}32
7 par pile, 6 sur les culées
2°
»</td></tr>
<tr><td>Ellipse
41^{m},00
<i>9^{m} 17
$\frac{1}{4,471}$ = 0,224
45^{m}96</i>
<i>4^{m}10</i></td><td>1^{m},20
<i>2^{m},10</i></td><td>1^{m},20
<i>2^{m} 10</td><td>Bandeaux et Douelle :
MAV [1]
Calcaire de Ruoms.
Queutage :
MEV [1]
Calcaire de Remigny
Ciment artificiel Vicat n° 1 — 600^{k}</i></td><td>Pression moyenne
Clef : 13^{k}5
milieu de la montée : 9^{k}3
<i>Méry</i>
Surcharge de 600^{k} par mq</td></tr>
<tr><td rowspan="2">de l'
Empereur François à Prague
Bohême
1898-1901
E^{n} r^{te} (> 40^{m})^{5}
<i>1 voûte en anse de panier de 42^{m}34, entre une en anse de panier de 38^{m}50 à $\frac{1}{1,83}$ et une en arc de 27^{m}89 à $\frac{1}{7,3}$.
7 autres voûtes.</td><td rowspan="2">343^{m}45</i>
Dos d'âne.
Aux rives 25^{mm} et 22^{mm}2
16^{m}40</td><td rowspan="2">16^{m}
<i>16^{m} 10
Pas de fruit
0^{m}40</td><td colspan="5">Plus grande voûte</td><td rowspan="2">1°
Pas d'évidements
2°
Vous. arc en corne de vache</td></tr>
<tr><td>Anse de panier à 7 centres
42^{m},34
<i>8^{m} 55
$\frac{1}{4,95}$ = 0,202
69^{m}28</i>
<i>4^{m}296</i></td><td>1^{m},44
<i>2^{m},20</i></td><td>1^{m},44
<i>2^{m} 00</td><td>PT [1]
Granit.
Ciment — 0^{mc}333</i></td><td>Pression max. / min.
Clef 40^{k}7 / 23^{k}8
Joint de rupture 32^{k}8 / 18^{k}
Surcharge de 520^{k} par mq : sur le 1/3 de la portée, — sur la moitié, — sur toute la portée.</td></tr>
</table>

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE E^{n} r^{te} (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0m01² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Voûte centrale							
Piles Poudingue — 5m à — 6m » *Béton immergé* Culées *Celles de l'ancien pont, fondées sur pilotis.*	Retroussé sur 16m (marinier) *Sapin et chêne* Boîtes à sable	6 *30cm* 1m92 *50mm*				Tympans achevés *26 jours* 6 novembre	t'_v 4 à 5mm	Reconstruction de 1873-75 D = 900 000f D : S_p = 657f4 D : W = 29f9
Piles *Argile* — 6m18 Pression moyenne 3k6 *Air comprimé* Culées *Argile* » Pression moyenne 2k9 *Pilotis. Têtes noyées dans du béton chargés à 30T au plus.*	*Voûte centrale* Retroussé sur 9m (marinier) Poteaux et Contrefiches *Sapin Semelles en chêne* Boîtes à sable	4 *25cm* 1m80	*Pour les 3 cintres :* 414mc 10169k 22600f	0mc47 11k5 25f5	2 rouleaux A chaque rouleau : 6 tronçons 7 clavages	*Voûte centrale* Voûtes d'évidement maçonnées. Tympans non exécutés *18 jours* 7 octobre	t'_v amont 19mm aval 24mm $t'_v + t''_v$ = 34mm quelques jours après le décintrement	Fondations / Élévation / Ensemble Q : 866mc / 3136mc / 4002mc Q : S_p : 0mc99 / 3mc58 / 4mc57 Q : W : 0mc08 / 0mc29 / 0mc37 D : 65023f / 130161f / 195184f D : S_p : 74f2 / 148f6 / 222f8 D : W : 6f1 / 12f1 / 18f2 D : Q : 75f1 / 41f5 / 48f8
Piles *Schiste* — 7m à — 10m55 *Air comprimé* Culées *Sable* » *Pilotis jusqu'au rocher. Têtes noyées dans du béton.* Pressions : maxima 9k8 minima 1k1	*Plus grande voûte* Retroussé sur 10m50 et 8m50 » Boîtes à sable	10 *30cm* 1m73 *120mm*			2 rouleaux 8 tronçons Tous les voussoirs posés à sec, puis matés	*Plus grande voûte* Voûte nue *8 jours* 9 décembre	t_c 66mm t'_v 21mm	Q = 30080mc Q : S_p = 5mc47 Q : W = 0mc61 D = 4 138 690f D : S_p = 753f4 D : W = 83f7 D : Q = 137f5

Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — B.

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDES VOÛTES INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances*	ÉPAISSEURS CORPS Clef *Milieu de la montée*	TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg 0m01[2] *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Voûtes de rive					
de **Valence** *France* 1901–1905	*284m 35*	8m80 *8m60*	au cerveau, Arc de cercle. aux reins, Parabole osculatrice **49m, 20** *10m 58* $\frac{1}{4,65}$ = 0,215 *50m* *5m 40*	1m,60 *1m 90*	1m,10 *1m 81*	Bandeaux : PT [1] Calcaire de Ruoms et du Pouzin Douelle : MAV [1] Calcaire de Ruoms et du Pouzin Queutage : MEV [1] Calcaire de Crussol et Variza *Ciment artificiel Vicat n° 1 — 600k*	Pressions max. / moy. Clef 27k9 / 18k8 Reins 30k6 / 17k9 Naissances fictives de la fibre neutre 16k5 / 10k *Arc élastique* *Methode analytique de M. Résal*	1° 3 voûtes longitudinales en plein cintre, 2 de 1m75, une (centrale) de 2m sur murs de 0m95
			Voûtes centrales					
En rte (40m)6 *4 voûtes : 2, centrales, égales, 2, de rive, égales.*	15m 37	Pas de fruit 0m 55	au cerveau. Arc de cercle. aux reins. Parabole osculatrice. **49m, 20** *12m 30* $\frac{1}{4}$ = 0,25 *50m* *8m 70*	1m,60 *1m 90*	1m,10 *1m 85*	— id —	Pressions max. / moy. Clef 32k1 / 18k4 Reins 32k1 / 16k Naissances fictives de la fibre neutre 10k7 / 8k8 *Arc élastique* *Methode analytique de M. Résal*	2° *Archivolte* *Voussure* *(Arc de ... de 50m de portée)*

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE $E^n r^{te}$ (≥ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

EXÉCUTION								
FONDATIONS	GRANDES VOÛTES							
	CINTRES				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses					
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0m01[2] *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle[2]		État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	
10	11	12	13	14	15	16	17	
	Voûte 1 (rive droite)							
Piles *Marne bleue compacte sous graviers très mobiles* Profondeur sous l'étiage	Fixe 4 appuis *Métal* Boîtes à sable	6 » 1m66 *60 mm*	Pieux 116mc 0 Sapin 81 0 Chêne 11 4 Bois 208mc 4 Fer 4996k Acier 81791k Métal 86787k Dép. 56351f	0mc 44 183k 5 119f 1	A partir de 42° de la clef : 3 rouleaux Au 1er rouleau : 8 tronçons 21 clavages Aux 2e et 3e roul. 6 tronçons	» *292 jours* 8 août	t_c 50mm t'_v 20mm t''_v 10mm	
	Voûte 1 (rive gauche)							
- 14m56 - 12m28 - 11m79 Encastrement dans la Marne 0m71 1m53 1m53	On a réemployé le cintre de la voûte 1	6 » 1m66 *50 mm*	Pieux 66mc 4 Sapin 68 0 Chêne 7 2 Bois 141mc 6 Fer 3770k Acier 81791k Métal 85561k Dép. 16429f	0mc 30 180k 9 34f 7	A partir de 52° de la clef : 3 rouleaux Au 1er rouleau : 6 tronçons 13 clavages Aux 2e et 3e roul. 4 tronçons	» *29 jours* 14 mars	t_c 41mm t'_v 33mm t''_v 4mm	
	Voûte 2 (centrale rive droite)							
Pression moyenne : Pile centrale 5k8 Piles latérales 6k5 *Air comprimé*	Fixe 4 appuis *Métal* Boîtes à sable	6 » 1m66 *100 mm*	Pieux 54mc 4 Sapin 71 1 Chêne 11 4 Bois 136mc 9 Fer 3974k Acier 96977k Métal 100951k Dép. 56874f	0mc 28 209k 6 118f 1	A partir de 53° de la clef : 3 rouleaux Au 1er rouleau : 10 tronçons 21 clavages Aux 2e et 3e roul. 6 tronçons	» *505 jours* 26 février	t_c 91mm t'_v 33mm t''_v 29mm	
	Voûte 3 (centrale rive gauche)							
Culées *Gravier* - 5m15 - 6m85 Pression maxima 8k7 *Air comprimé*	Retroussé *Métal* Boîtes à sable	7 » 1m33 *85 mm*	Pieux 57mc 5 Sapin 73 1 Chêne 5 0 Bois 135mc 6 Fer 1979k Acier 179649k Métal 181628k Dép. 91256f	0mc 28 377k 1 189f 5	A partir de 42° de la clef : 3 rouleaux Au 1er rouleau : 6 tronçons 15 clavages Aux 2e et 3e roul. 4 tronçons	» *39 jours* 26 mars	t_c 97mm t'_v 3mm t''_v 23mm	
	Pour les 4 voûtes :		Bois 623mc 0 Métal 375452k Dép. 219759f					

CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q

DÉPENSE D

Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4].

18

$Q = 19242^{mc}$

$Q : S_p = 7^{mc}69$

$Q : W = 1^{mc}05$

	Fondations	Élévation	Ensemble
D[5]	399435f [6]	834308f	1233743f
D : S_p	159f 6	333f 4	493f 0
D : W	21f 9	45f 7	67f 6
D : Q	»	»	64f 1

5. — Non compris les dépenses en régie.

6. — Les fondations sont comptées à partir de 1m sous l'étiage.

Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) = C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET — ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDES VOÛTES — INTRADOS Portée / *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances*	ÉPAISSEURS — CORPS Clef / *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef / *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Voûte centrale					
Edouard VII à **Kew** *Angleterre* 1901-1903 E^n 1te (= 40m) 7 *3 voûtes en ellipse : 1 centrale de 10m537, 2 de rive de 35m508 à $\frac{1}{5,12}$*	*157m 20* 25mm / 25mm 12m	16m764 *17m60* Pas de fruit »	Ellipse **40m,337** *7m 167* $\frac{1}{5,428} = 0,184$ *55m019* *2m75*	**1m,219** *1m9*		Bandeaux et Douelle : PT [1] Granit Refends et bossages Voussoirs de toute l'épaisseur de la voûte *Ciment*		1° 11 voûtes longitudinales en arc 2° *Écussons dans les tympans au-dessus des piles*

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE $E^n r^{le}$ (≥ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

FONDATIONS: Nature du sol — Profondeur sous l'étiage — Pressions sur le sol en kg : 0m01² — Procédé (10)	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES: Type, Matière, Appareils de décintrement (11)	FERMES: Nombre, Épaisseur, Écartement d'axe en axe, Surhaussement (12)	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses: Totaux (13)	par mq de douelle [2] (14)	MODE DE CONSTRUCTION (15)	DÉCINTREMENT: État d'avancement du Pont; Temps entre le dernier clavage et le décintrement; Date (16)	TASSEMENTS DE LA CLEF: sur cintre t_c; au décintrement t_v; après t''_v (17)	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D — Totaux et par unité (de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]) (18)
Piles *Argile de Londres* 4m88 sous le lit 2m79 dans l'argile 2,7 (grand empatement) *Épuisements dans des batardeaux en pieux jointifs* *Béton coulé à sec*	*Voûte centrale* Retroussé sur 22m86 *Acier* Boîtes à sable rectangulaires Pistons en fonte Coins aux appuis extrêmes	11 » 1m715	Poids approximatif d'une ferme : Voûtes : centrale 23T de rive 16T Fermes montées en 3 tronçons		Par 6 assises, un joint sec sur petits coins en bois, fermé au mortier après clavage à la clef Les 3 voûtes construites en même temps en 7 mois			16000 tonnes de granit D = 6300000f environ y compris les viaducs d'accès.

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.
3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 4). — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE E^n P^{le} (> 40m)

MONOGRAPHIES

PONT DE LONDRES " *LONDON BRIDGE* "

SUR LA TAMISE

1824-1831 E^n P^{le} (> 40m) I

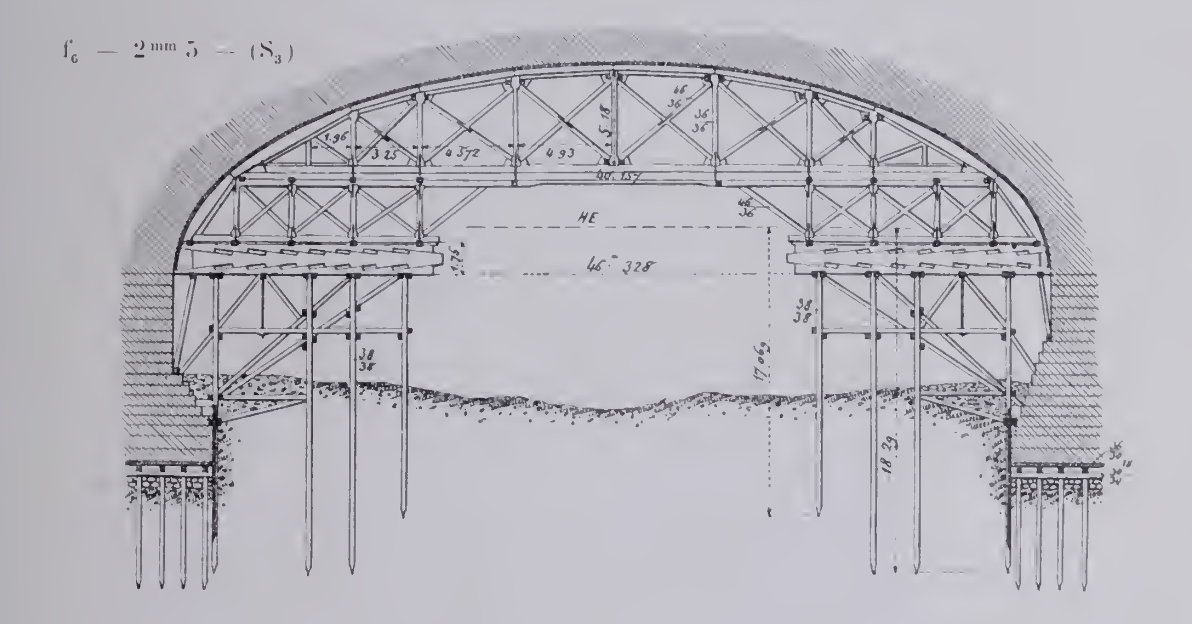
1. Historique (S_1). — Au commencement du XIXe siècle, le vieux pont " *Old London Bridge* ", construit au XIIe, ne suffisait plus à la circulation.

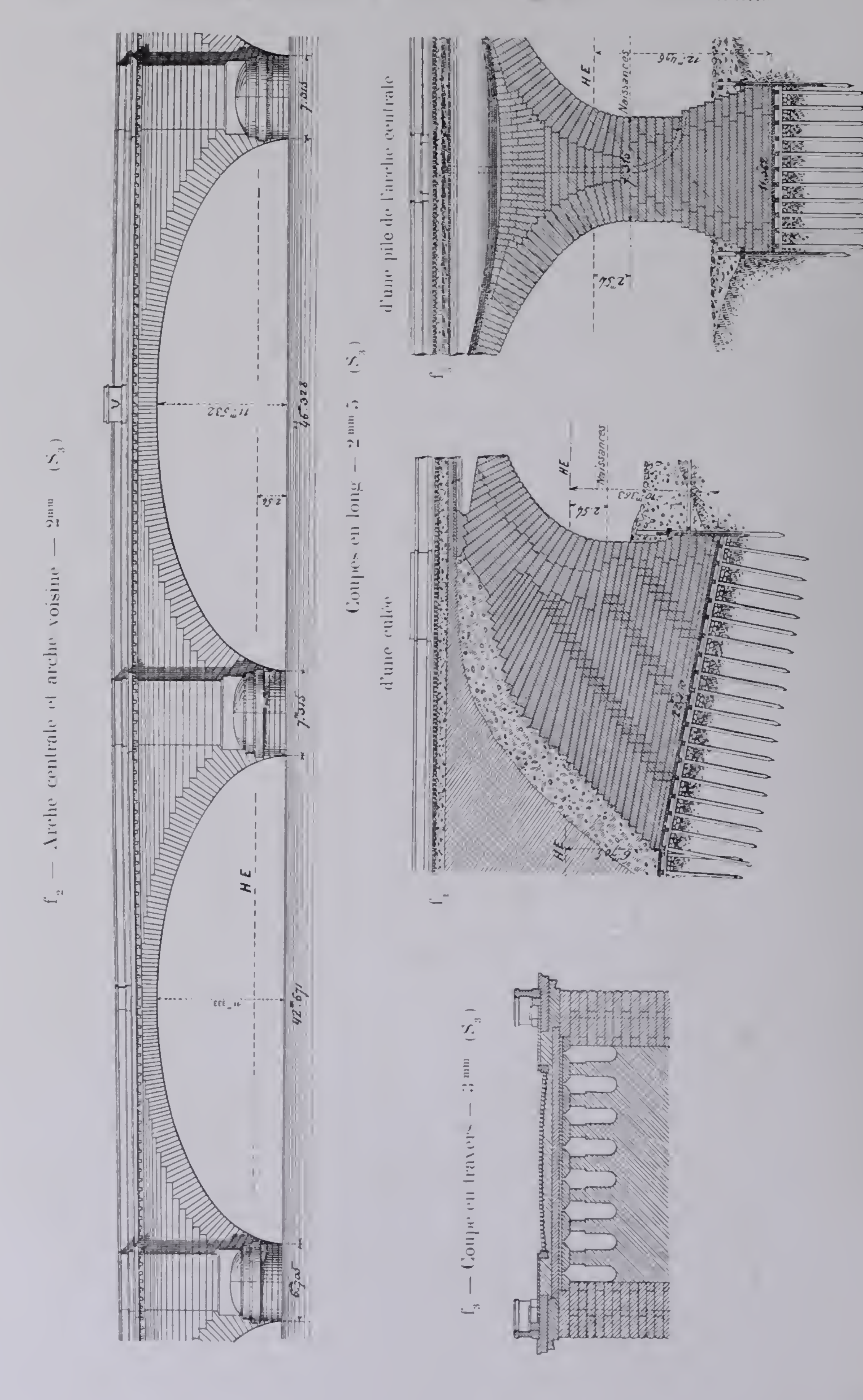
Le Parlement n'osa pas accepter l'arche en fonte de 600 pieds (182^{m}88) proposée par Telford, et approuva, en 1823, le projet de Rennie. (f_1 à f_6)

f_1 — Ensemble — 0^{mm}5 — (S_3)

2. Cintre de l'arche centrale.

f_6 — 2^{mm}5 — (S_3)





f_2 — Arche centrale et arche voisine — 2mm (S_3)

Coupes en long — 2mm 5 (S_3)

f_4 d'une culée

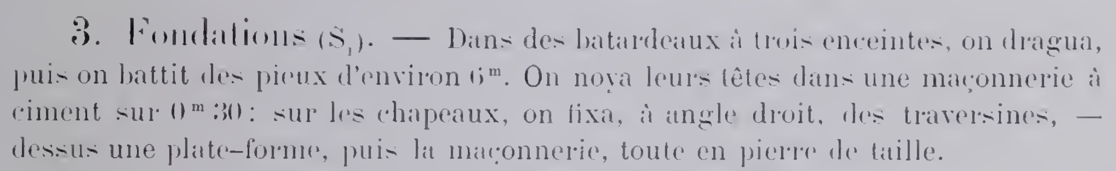
f_5 d'une pile de l'arche centrale

f_3 — Coupe en travers — 3mm (S_3)

Des coins permettaient de régler exactement la hauteur de chaque ferme (S_1).

Φ$_1$ (S_3)





3. Fondations (S_1). — Dans des batardeaux à trois enceintes, on dragua, puis on battit des pieux d'environ 6^m. On noya leurs têtes dans une maçonnerie à ciment sur 0^m30 : sur les chapeaux, on fixa, à angle droit, des traversines, — dessus une plate-forme, puis la maçonnerie, toute en pierre de taille.

La plate-forme et les pieux des culées sont inclinés. (f_4)

4. Elargissement du pont (S_2). — Le pont de Rennie avait des trottoirs de 2^m896 : ils se sont trouvés insuffisants pour l'énorme circulation qui passe dessus [1].

1.

Dates des comptages	Nombre de piétons ayant traversé le pont en 24 heures
17 mars 1869	105.359
22 janvier 1889	111.873
25 juillet 1894	103.666
(Le Pont de la Tour a été ouvert à la circulation le 30 juin 1894).	
11 au 16 février 1901	109.836 (moyenne de 5 jours).

De 1902 à 1904, on l'élargit comme suit :

	Pont primitif (avant l'élargissement)	État actuel (après l'élargissement)	Augmentation
Largeur — de la chaussée : l_1	10 m 515	10 m 668	0 m 153
Largeur — d'un trottoir : l_2	2 m 896	4 m 572	1 m 676
Largeur — totale entre parapets : $L = l_1 + 2l_2$	16 m 307	19 m 812	3 m 505
Surface offerte à la circulation : $L \times 306^m 324$	4995 mq	6069 mq	1074 mq

b_2 (S_2)

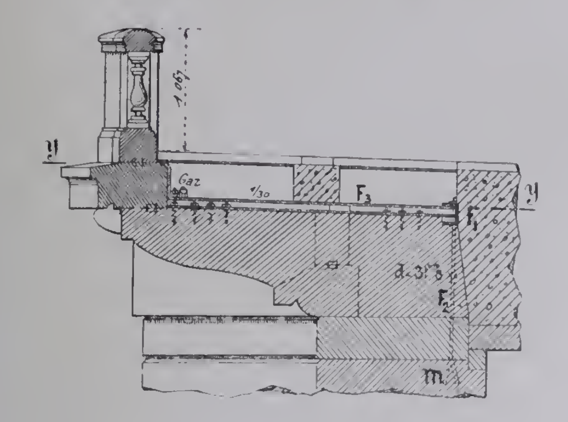


Le pont de Rennie avait un parapet plein et une plinthe sur modillons. Maintenant, une balustrade court sur de grands corbeaux de granit ainsi ancrés (f_7, f_8) :

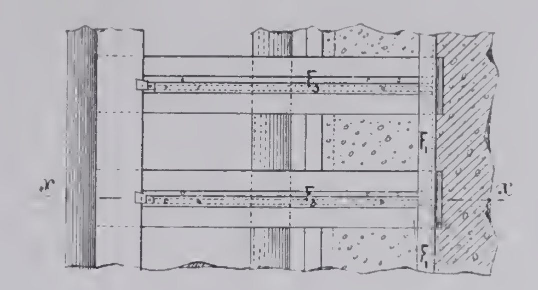
Un fer longitudinal en ⊐ F_1 passe sur leur queue ; il est retenu par des fers ronds F_2, dont l'about *m* s'épanouit dans le mur du tympan.

Le dessus des corbeaux est raidi par des fers F_3 pris sous F_2.

f_7 — Coupe sur xx de f_8 — 1cm5 (S_2)



f_8 — Coupe sur yy de f_7 — 1cm5 (S_2)



Aux essais, des corbeaux ne se rompirent qu'à 12 fois l'effort maximum à supporter.

L'élargissement du pont a élevé de 5^k à 6^k5 la pression sur la fondation.

5. Dépenses.

A. Pont de Rennie. — *(mars 1824-août 1831.)*	en £.	en Fr. 25 f. 20 = 1 £
a. — Pont proprement dit...	631.545	15.917.454
b. — Abords	57.000	1.436.400
c. — Frais supplémentaires	46.000	1.159.200
Total pour le pont et ses abords : $D_1 = a + b + c$	734.645	18.513.054
d. — Achats de terrain	692.000	17.438.400
Dépense totale : $D_2 = D_1 + d$	1.426.645 £	35.951.454 f
B. Elargissement. — *(avril 1902-mars 1904.)*		
a'. — Elargissement proprement dit	50.000	1.260.000
b'. — Passerelles provisoires	36.000	907.200
c'. — Eclairage	1.500	37.800
d'. — Nettoyage et divers	4.500	113.400
Dépense totale : $D' = a' + b' + c' + d'$	92.000 £	2.318.400 f

La dépense par m. q. de surface offerte à la circulation est :

	En ne comptant que les ouvrages proprement dits	Tout compris
Pont de Rennie..................	$\frac{a}{4.995} = 3.186$ f 67	$\frac{D_2}{4.995} = 7.197$ f 48
Pont actuel......................	$\frac{a+a'}{6.069} = 2.830$ f 35	$\frac{D_2+D'}{6.069} = 6.305$ f 79
Elargissement....................	$\frac{a'}{1.074} = 1.173$ f 18	$\frac{D'}{1.074} = 2.158$ f 65

6. Ingénieurs.

Pont { *Projet :* Sir John Rennie (mort en 1822).
Exécution : George et John Rennie, ses fils.

Elargissement { *Architecte :* Andrew Murray.
Ingénieur : G. E. W. Cruttwell.

SOURCES :

S_1. — Engineering. 18 janvier 1895, p. 75 et 76 : " *Thames Bridges — London Bridge* " James Dredge.

S_2. — Institution of Civil Engineers.— Minutes of Proceedings, 1904-05, IIIe Partie, p. 290 à 309, Pl. 6 et 7 : " *The widening of London Bridge* ". William Bartholomew Cole.

S_3. — Edw. Cresy : " *A practical treatise on bridge building* " Pl. 1 à 7. — Londres 1839.

S_4. — Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 2e Partie : " *Der Brückenbau* " 1er vol. p. 355. — M. Mehrtens, Leipzig 1904.

S_5. — Ce que j'ai vu — juin 1906.

PONT DE L'ALMA, SUR LA SEINE, A PARIS

1854-1855 E^n r^{le} (> 40^m) 2

f_1 — Ensemble = 1^{mm}

1. Niveau des naissances. — Au projet, les naissances des trois arches étaient à 0^{m}65 au-dessus de l'étiage (S'$_1$).

Φ_1 (S'$_6$)



Mais le pont s'est enfoncé de 0^{m}36[1] en moyenne ; puis, le barrage de Suresnes a relevé l'étiage de 2^{m}27 (S$_3$), noyant les naissances de 1^{m}98 : l'intrados n'apparaît plus comme une ellipse, mais comme un arc (Φ_1, f_1, f_2).

1. — Voir plus loin, n° 7 : Mouvements après décintrement.

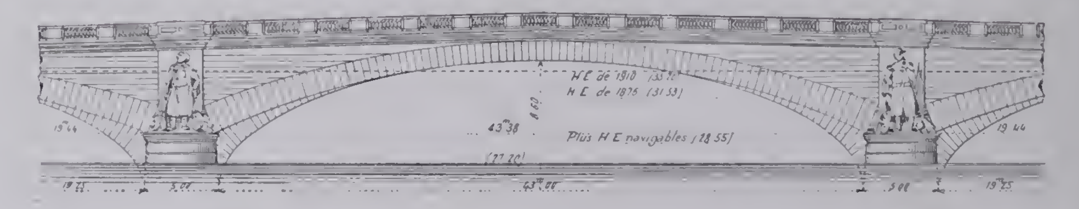
La crue de janvier 1910 a aveuglé les arches de rive et, presque, l'arche centrale (Φ_2).

Φ_2 (S''_6)



2. Voussures (f_2, f_4). — Les voûtes sont échancrées aux têtes par des voussures en corne de vache (S'_1).

f_2 — Arche centrale — 2mm



Soient (f_3) :

α', l'ellipse, section droite de la douelle ;

β', l'arc d'intrados du bandeau dans le plan de tête AD.

On coupe la douelle par le plan vertical AC.

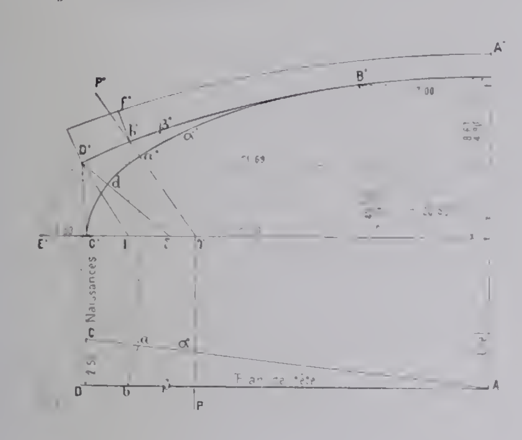
Un plan P'γP, mené par une génératrice et par une normale à la douelle, coupe en *aa'* l'ellipse $\alpha\alpha'$, en *bb'* l'arc de tête $\beta\beta'$.

La voussure est le lieu de la droite *ab*, *a'b'*.

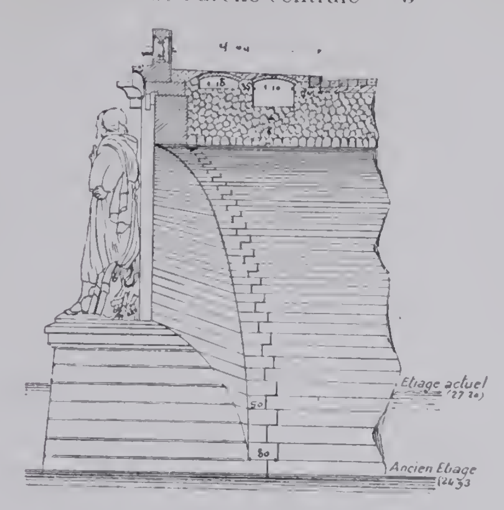
C'est ainsi que Perronet avait défini la voussure de Neuilly [2].

Pour la prolonger au-delà de la normale δ D' de la retombée, on continue β' par l'arc de cercle D' E' dont le centre I est sur la ligne des naissances.

f_3 — Génération de la voussure — 2mm5



f_4 — Coupe en travers à la clef de l'arche centrale — 5mm

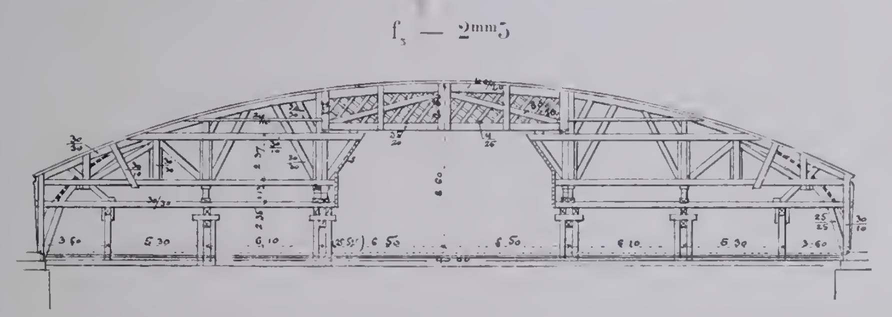


Les joints des bandeaux sont normaux à l'intrados β', ceux de la voussure suivent la génératrice $a'b'$: les surfaces de joints sont gauches.

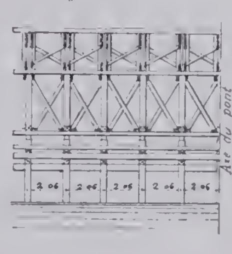
Comme dans tous les ponts à voussure, celle-ci est dans l'ombre, et on ne voit guère que le bandeau. De loin, c'est un pont en arc, renforcé aux reins (S_6).

3. Cintre de l'arche centrale (S'_1).

f_5 — 2mm5



f_6 — 2mm5



4. Fondations (S'_1 S_2). — Les deux piles ont été fondées dans un caisson foncé, amené par flottage sur la tête de pieux battus dans l'argile à lignites, après dragage à 4m50 (rive gauche) et 4m (rive droite) sous l'étiage (S'_1), puis recépés à 1m sous l'étiage (S_1) [3]. Les maçonneries faites, on a démonté les parois latérales du caisson.

2. — Perronet : « *Description des Projets et de la Construction des Ponts de Neuilly, de Mantes, d'Orléans et autres.....* » Tome Ier, Paris, Imprimerie royale MDCCLXXXII, p. 3.

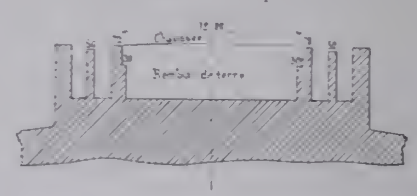
3. — C'est le mode de fondation appliqué par de Voglie au pont de Saumur, en 1757. (M. de Dartein. — *Études sur les Ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs au XIXe siècle.* Vol. II. *Ponts Français du XVIIIe siècle. — Centre de la France*, p. 69, 70).

Les pieux étaient battus par un mouton de 750k à 1000k, tombant, à la fin du battage, de 4m en moyenne, à un refus moyen de 40mm par volée de 10 coups. Leurs têtes ont été maintenues par des enrochements régalés à la main sous la cloche à plongeur, puis maçonnés au ciment à la surface.

5. Exécution des voûtes (S_2). — On exécuta, du 22 juillet au 13 août 1855, les voûtes sur 14m de largeur, pour livrer le plus tôt possible le pont à la circulation : puis, les têtes, qu'on acheva le 14 septembre.

6. Décintrement. — On commença le décintrement le 29 octobre 1855, soit six semaines après (S_2) : les voitures passaient sur la chaussée depuis deux mois et demi (S''_1).

La coupe en travers était alors celle-ci (f_2) :



f_2 - Coupe en travers au décintrement
2mm — (S'_1)

Du 29 octobre au 4 novembre, on abaissa les cintres successivement de 15 à 20mm toutes les 24 heures, jusqu'à 100mm (S_2).

Le 5 novembre, on mesurait sur la tête aval les tassements suivants (S_2) :

Culée R. D.	Abaissement du cintre R. D.	Pile R. D.	Abaissement de l'arche centrale	Pile R. G.	Abaissement du cintre R. G.	Culée R. G.
0mm	91mm	104mm	100mm	80mm	77mm	21mm

La pile gauche, à 6m de la tête amont, était traversée par une fissure de 2mm de largeur à 2m au-dessus de l'étiage, se réduisant à 0mm5 à 2m plus haut ; elle « *cor-* « *respondait à peu près au point où les remblais de la chaussée donnaient un* « *excès de charge par rapport aux têtes qui sont évidées par des galeries* » (S_2).

7. Mouvements après décintrement. — Le 11 novembre, l'abaissement général paraissait avoir augmenté de 5mm ; la culée rive droite, qui n'avait pas tassé au décintrement, avait également baissé de 5mm (S_2).

Pour soulager les pieux de fondation, on enleva les remblais supportant la chaussée (S''_1).

Le 9 décembre, les cintres étant enlevés, on constate les tassements suivants (S''_1) :

Culée R. D.	Pile R. D.	Pile R. G.	Culée R. G.
9mm	125mm	115mm	38mm

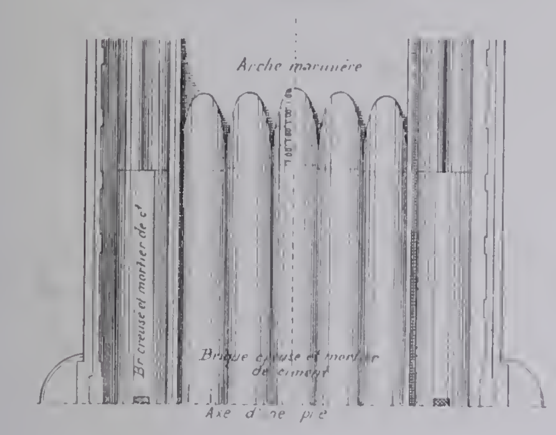
Le pont ne tasse plus jusqu'au 29 décembre (S''_1), bien qu'on eût commencé les murs des voûtes d'élégissement, et produit de fortes trépidations, en forant

à la vapeur, dans l'axe de chaque pile, 9 trous verticaux de 0^{m}20 de diamètre intérieur, (7 dans le corps de la pile et 1 dans chaque bec), pour injecter, dans les enrochements entre les pieux, un coulis de ciment (S'$_{1}$, S''$_{1}$).

Les tubes traversaient le fond du caisson, et descendaient de 0^{m}80 environ dans les enrochements.

Le 2 janvier 1856, « *il y a deux fissures à chaque pile ; les fissures de la pile* « *droite sont presque invisibles.* » [1]

f$_{8}$ — Plan des reins de l'arche centrale
(les maçonneries découvertes) — 2^{mm}5



Les voûtes longitudinales d'élégissement sont continuées jusqu'à la rencontre de leur douelle avec l'intrados des grandes voûtes (f$_{8}$), au lieu d'être arrêtées par un mur transversal.

Leurs piédroits achevés (S'$_{1}$), on injecta, par les tubes, un coulis au dosage de 3 volumes de chaux hydraulique et 2 volumes de Portland : 60^{mc} le 12 février à la pile rive gauche ; 95^{mc} le 21, à la pile rive droite (S$_{1}$).

Les vibrations produites par deux machines à vapeur, le poids des matériaux, firent descendre la pile rive droite, le 26 février, de 20^{mm}.

A partir de cette date, les piles continuent à s'enfoncer.

Dates 1856	Abaissement moyen par jour		Travaux faits
	Pile R. D.	Pile R. G.	
Du 9 au 17 mars...	3^{mm}2	2^{mm}	On exécute les voûtes de décharge.
Du 17 au 24 mars...	2^{mm}3	1^{mm}4	Les voûtes de décharge sont terminées, la corniche posée.
Du 24 mars au 2 avril.	6^{mm}8	5^{mm}1	On répand une première couche d'empierrement ; le pont est livré à la circulation le 2 avril.
Du 2 au 5 avril ...	12^{mm}	7^{mm}	On achève l'empierrement.
Du 5 au 11 avril ...	8^{mm}4	6^{mm}	
Du 11 au 12 avril ...	5^{mm}5	3^{mm}	

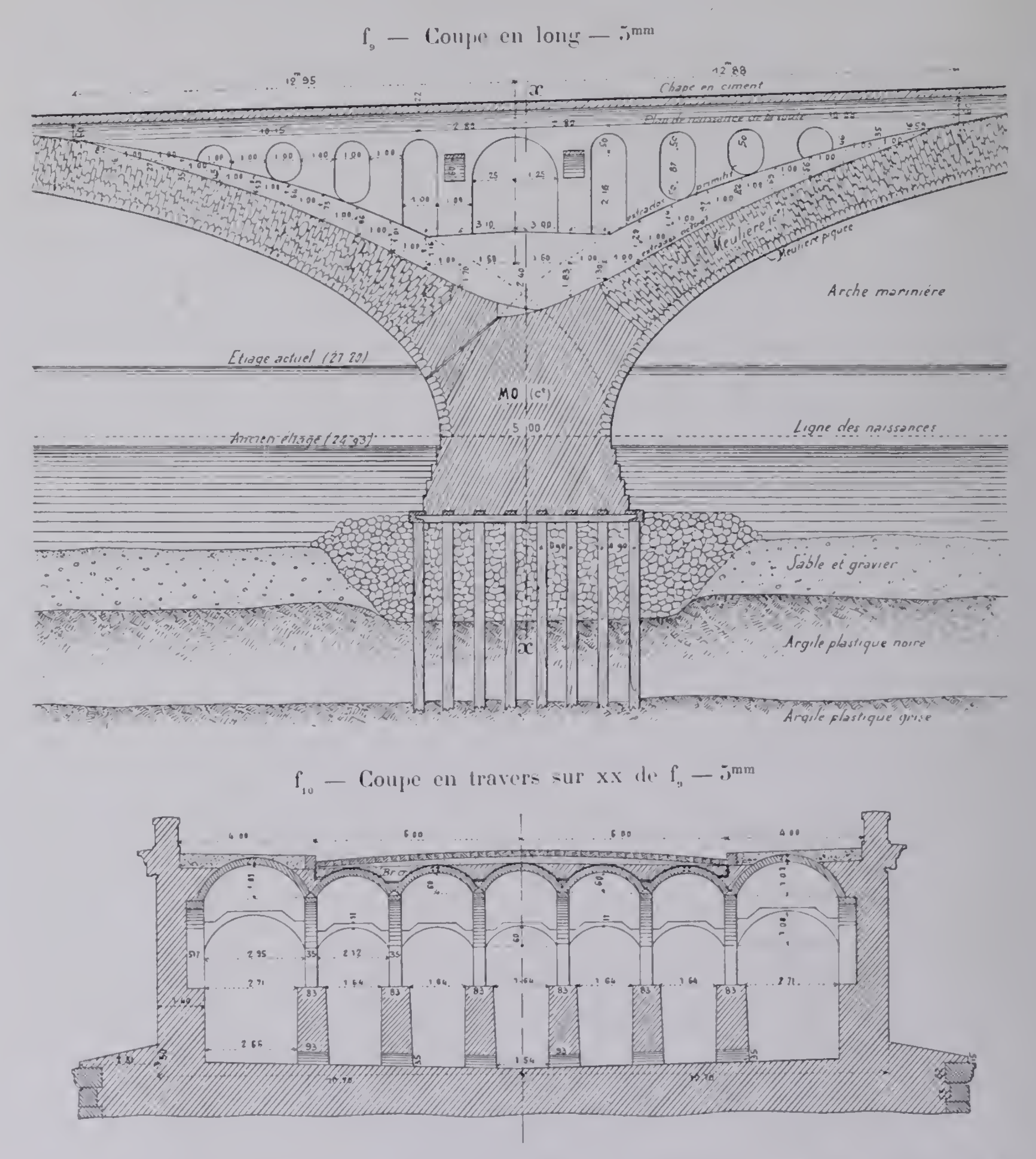
Le 13 avril 1856, les tassements totaux depuis le décintrement, sont (S$_{4}$) :

	Tassement des piles			Abaissement du sommet de la voûte centrale (y compris le tassement au décintrement)	Tassement propre de la voûte centrale
	R. G.	R. D.	Moyenne t_1	t_2	$t_2 - t_1$
Amont...	245^{mm}	325^{mm}	285^{mm} } moyenne	341^{mm}	56^{mm}
Aval.....	370^{mm}	515^{mm}	442^{mm} } 363^{mm}	520^{mm}	78^{mm}

4. — Observation de M. l'Ingénieur ordinaire Darcel, ajoutée sur S$_{3}$.

Le 30 avril 1856, une décision ministérielle prescrit, pour « *diminuer le plus* « *possible la charge que chacun des pieux doit supporter* », de déraser « *immédia-* « *tement* » les voûtes, en réduisant à 2m l'épaisseur aux naissances, tout en les laissant intactes à la clef.

On conserva, sous chaque piédroit des voûtes de décharge, une bande de 0m88 de largeur moyenne (S'_1) et, entre ces nervures conservées, on creusa de larges sillons dans la meulière des voûtes (f_9, f_{10}).



f_9 — Coupe en long — 5mm

f_{10} — Coupe en travers sur xx de f_9 — 5mm

Pendant ces travaux, une crue de 2m90, qui avait soulagé les fondations de 382 tonnes, avait arrêté la descente du pont (S_4).

Les pieux de la pile rive gauche portaient, au décintrement, 40 tonnes ; après les élégissements, 32 tonnes (S_1).

8. Dépense.

A l'entreprise	1.561.421 f 63
Somme à valoir [5]	514.338 f 35
Total [6]	2.075.759 f 98

9. Personnel.

Ingénieurs.

en chef : M. de Lagalisserie.

ordinaires : M. Darcel (jusqu'au 1er janvier 1856) ; puis M. Vaudrey.

Entrepreneurs : MM. Gariel et Garnuchot (S_3).

Les statues sont de MM. Arnaud et Diébolt (S_3).

5. — Pour les 4 statues, on a payé : au carrier, 24.000 f, aux sculpteurs, 74.000 f, en tout 98.000 f.

6. — Répartition, proposée par rapport du 26 février 1858, approuvée par la décision ministérielle du 9 avril 1858. — C'est le coût officiel définitif de l'ouvrage.

SOURCES :

S_1. — Archives du Service de la Navigation de la Seine et des Ponts de Paris, — qu'a bien voulu mettre à ma disposition M. l'Ingénieur Pigeaud,

en particulier :

S'_1. — Atlas « *Pont de l'Alma* » (n° 1553 de l'inventaire de l'Ingénieur ordinaire (Navigation de la Seine, 2e section, 1er arrondissement).

S''_1. — Note sur les tassements du pont de l'Alma, — M. Darcel, Ingénieur ordinaire.

S_2. — Rapport de M. Darcel, Ingénieur ordinaire, sur le Projet d'allègement des Voûtes et de consolidation des Piles du Pont de l'Alma, 15 novembre 1855 (Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées, Manuscrits, n° 1761 du Catalogue de 1886).

S_3. — Atlas des voies navigables de la France, 4e fascicule : *Navigation de la Seine, Traversée de Paris*, p. 31, Pl. VI et XXXI.

S_4. — Morandière, *Construction des Ponts*, p. 327 à 331, Pl. 69.

S_5. — Renseignements gracieusement donnés par M. l'Ingénieur Pigeaud.

S_6. — Ce que j'ai vu :

S'_6. — Été 1908 ;

S''_6. — Janvier 1910.

Les dessins f_2 et f_4 sont extraits de S'_1 et S_3 : les autres, de S'_1

PONT SUR LE BRAS GAUCHE DE LA SEINE, A MANTES *(SEINE-ET-OISE)*

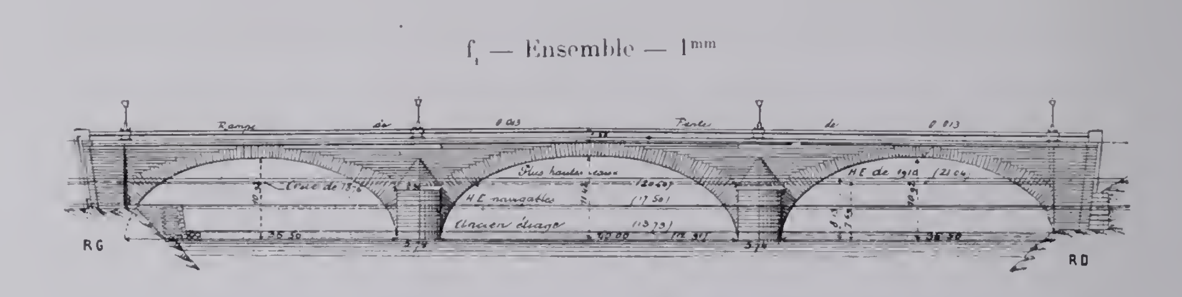
Route Nationale n° 13 de Paris à Cherbourg

Reconstruit en 1873-1875 E^n r^le (> 40^m)[3]

1. Ancien pont, construit en 1757-1765, détruit en 1870. — Le pont, commencé en 1757 par Hupeau[1], achevé en 1765 par Perronet[2], a été détruit par le Génie Français les 18-19 septembre 1870.

« *La pile gauche s'est fortement déversée, celle de droite a tassé de* 2^m, *brisant,*
« *sans doute, les pieux trop faibles de sa fondation ; seules les culées et les naissances*
« *des arches sont restées intactes...* »[3]

f₁ — Ensemble — 1^mm



2. Nouveau pont (1873-1875). — On a conservé les deux culées et reproduit les dispositions de l'ancien pont : intrados en anse de panier à 11 centres, extrados à crossettes (f_1, f_2), chaperons à gradins, avant-becs en ogive, arrière-becs en demi-cercle (f_2, f_4), corniche avec boudin et cavet (f_3), parapets en pierre de taille (f_3)...

1. — Hupeau, architecte, né à la fin du XVIIe siècle, ingénieur de la généralité de Riom en 1731, plus tard, de celle de Soissons ; en 1742, inspecteur des ponts et chaussées, en 1754, premier ingénieur, mort en 1763. Auteur du pont d'Orléans, des ponts de Joigny et de Cravant sur l'Yonne, de Montereau et de Mantes sur la Seine, et du pont biais de Trilport sur la Marne.

Tarbé de St-Hardouin. — *Notices biographiques sur les Ingénieurs des Ponts et Chaussées.* — Paris, Baudry, 1884, p. 26.

2. — Perronet : « *Description des Projets et de la Construction des Ponts de Neuilly, de Mantes, d'Orléans et autres...* » Tome Ier, Paris, Imprimerie Royale, MDCCLXXXII, *Pont de Mantes*, p. 67 à 82, Pl. XX à XXVII.

p. 69 « *M. Hupeau, pour lors premier Ingénieur des Ponts et Chaussées, fut chargé, par feu*
« *M. Trudaine père, de projeter et faire construire un nouveau Pont de pierre... Le pont fut adjugé, le*
« *3 août 1756, à Michel Vignon, pour la somme de 612000 livres, et M. Hupeau en fit commencer la fondation en 1757.*

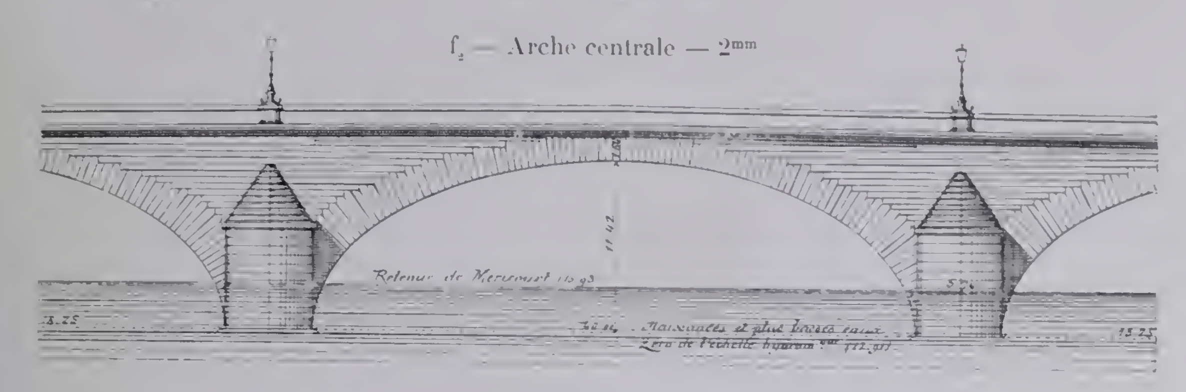
p. 70. . . . .

« *La fondation... a été continuée l'année suivante et élevée jusqu'au dessus du sixième cours de*
« *voussoirs.*

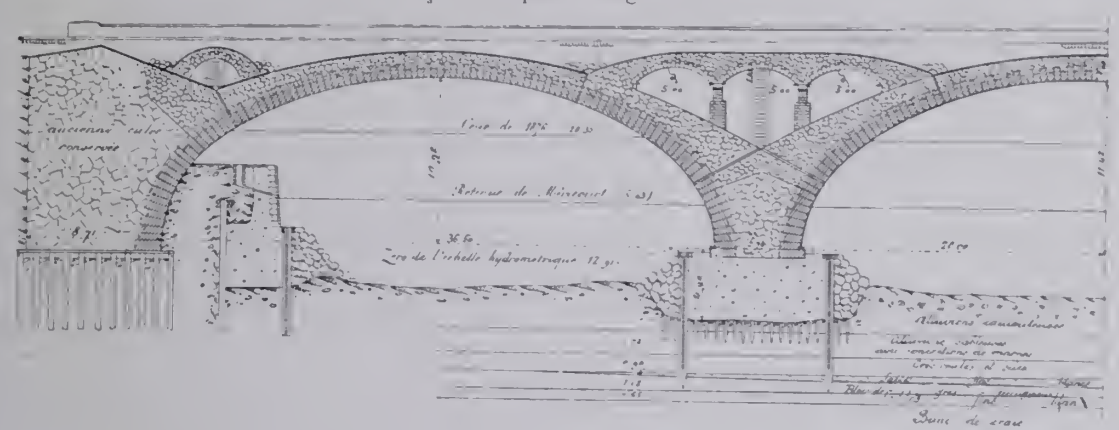
« *La guerre survenue... obligea d'en suspendre les travaux jusqu'à la paix, faite en 1763. M. Hupeau,*
« *auquel nous avons succédé en qualité de premier Ingénieur, mourut dans cet intervalle de temps;...* »

3. Décision ministérielle du 20 septembre 1872, approuvant un avant-projet de reconstruction (S_1).

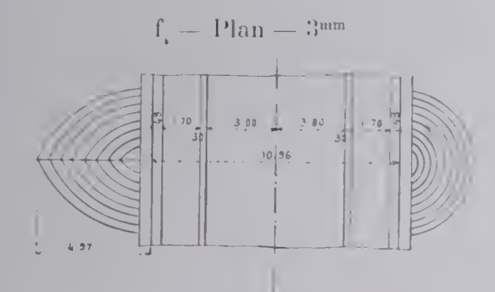
f$_{2}$ — Arche centrale — 2^{mm}



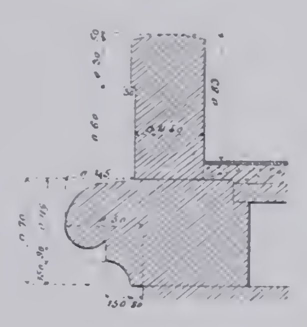
f$_{3}$ — Coupe en long — 2^{mm}



f$_{4}$ — Plan — 3^{mm}

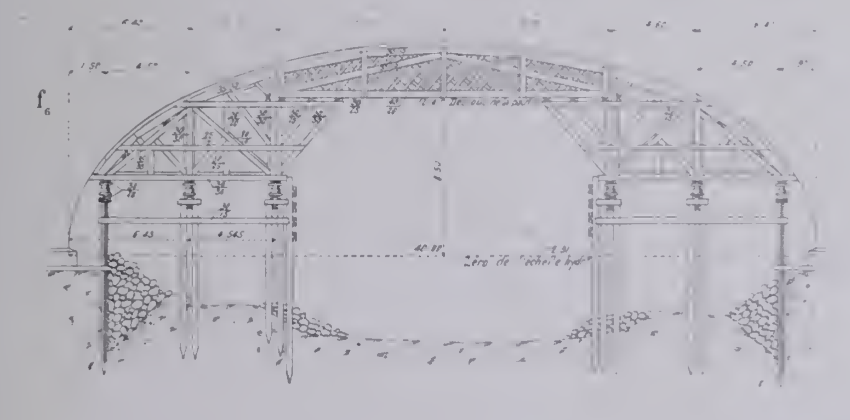


f$_{5}$ Couronnement 2^{cm} (S$_{2}$)

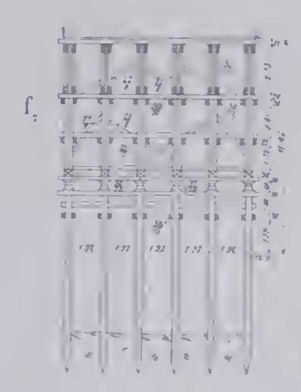


Cintre de l'arche centrale — 2^{mm}5

f$_{6}$



f$_{7}$



Voici les principales dimensions des deux ponts :

		Ancien Pont	Nouveau Pont
Portées	arches de rive	108 pieds = 35ᵐ08	36ᵐ50
	arche centrale	120 pieds = 38ᵐ98	40ᵐ
Épaisseur des piles au niveau des naissances.		24 pieds = 7ᵐ80	5ᵐ74

Φ_1 (S'''₁)



3. Cintre de l'arche de 40ᵐ (Φ_2, f_6, f_7). — Les moises, la semelle intérieure de la poutre à treillis, et les contreventements, sont en sapin, le reste en chêne (S'_1).

4. Fondations des piles. — On dragua jusqu'à 5 et 6ᵐ de profondeur, et on arracha ce qu'on put des anciens pieux (S'_1).

A la pile rive gauche (côté Mantes), beaucoup, qu'on ne put arracher, furent recépés au niveau du fond dragué (S_1).

Puis, on coula du béton à la caisse, par couches d'épaisseur décroissant de 1ᵐ50 à 0ᵐ60 :

853ᵐᶜ à la pile rive gauche, dans une enceinte de pieux et palplanches en chêne (S''_1).

1072ᵐᶜ à la pile rive droite, dans une enceinte de pieux jointifs (S''_1).

Le béton était au dosage d'un volume de mortier pour 2 de cailloux, le mortier, à 600ᵏ de Portland de Boulogne[1].

1. — Rapport de M. l'Ingénieur Barabant, 12 mars 1874 (S_1).

On a doublé le poids du ciment dans les couches supérieures, pour les rendre étanches et poser à sec les socles (S_2).

Φ₂ (S'''₁)



5. Exécution des voûtes. — Les derniers voussoirs, et peut-être d'autres, furent posés sur cales, puis fichés au mortier de ciment.[5]

Voici le surhaussement et le tassement des cintres (S''₁) :

	Surhaussement (en mm.)	Tassement (en mm.)
Arche rive gauche	40	60
Arche centrale	50	90
Arche rive droite	40	100

6. Décintrement (S''₁). — Les trois voûtes restèrent sur cintre 39 jours, 57 jours et 26 jours.

Les cintres se détachèrent « *entièrement et régulièrement* » (S''₁), dès qu'on eut descendu le sable de 1^{cm}. Les voûtes tassèrent de 4 à 5^{mm} à la clef[6] ; les socles des

5. — Lettre de M. Barabant à M. l'Ingénieur en chef Grille, 18 septembre 1874 (S'₁).

6. — A l'ancien pont, le tassement total à partir de la pose de la clef jusqu'à 15 mois après le décintrement, avait été de :
à la voûte rive gauche, 7 pouces (189^{mm}) ; à la voûte centrale, 8 pouces 7 lignes (232^{mm}) ; à la voûte rive droite, 6 pouces 5 lignes (174^{mm}). — Perronet, *loc. cit.*, *renvoi* 2, p. 73.

piles et les culées ne tassèrent pas. Aucune fissure ne s'est produite aux reins des voûtes.

Le lendemain, on n'a pas constaté de tassement supplémentaire.

7. Dates de la reconstruction.

Commencement des travaux.......................... 14 novembre 1873

Piles. — Béton de fondation. — Rive gauche..... 18 décembre 1873 — 5 janvier 1874
Rive droite...... 13 janvier — 3 février

Pose de la première pierre (S''$_1$). — Rive gauche 10 mars
Rive droite. 22 avril

Voûtes. — Commencement.......................... Premiers jours de juillet 1874

Clavages (S''$_1$). — Arche rive droite.......... 9 septembre
Arche rive gauche......... 27 septembre
Arche centrale............. 11 octobre

Décintrement — 6 novembre 1874 — Arche rive gauche.......... 10 h. 1/2
Arche rive droite........... midi 1/2
Arche centrale............. 1 h. 1/2

Achèvement.. 31 janvier 1875 [7]

8. Dépenses.[8]

Travaux à l'entreprise..................................	463.573 f 64
Somme à valoir[9]..	436.426 f 36
Total...........	900.000 f [10]

9. Personnel (reconstruction de 1873-75).

Ingénieurs. — en chef : M. Grille. — ordinaire : M. Barabant.

Entrepreneurs : MM. Gautier Marc aîné et Jacob frères (S'''$_1$).

7. — Date inscrite sur un modèle en plâtre. — Galeries de l'Ecole des Ponts et Chaussées.

8. — Arrêtées par le Préfet de Seine-et-Oise, le 13 mai 1876.

9. — On a fait en régie : les fondations, les 6 premières assises des piles, le battage des pieux des cintres (S$_1$).

10. — Le premier pont avait été adjugé, en août 1756, pour 612.000 livres.

SOURCES :

S$_1$. — Pièces des Archives du Service ordinaire de Seine-et-Oise, arrondissement de l'Ouest, gracieusement mises à ma disposition par M. l'Ingénieur Le Gavrian :
en particulier :
S'$_1$. — Dessins d'exécution.
S''$_1$. — Procès-verbal de décintrement rédigé par M. Barabant (7 novembre 1874).
S'''$_1$. — Photographies.

S$_2$. — Atlas des Voies navigables de la France, 2e série, 5e fascicule : « *Navigation de la « Seine entre Paris et la mer* », Paris. Imprimerie nationale. MDCCCXCIC, p. 35 et 36 : *Pont de Mantes*. Pl. XXII, fig. 34 et Pl. XXX.

S$_3$ — Exposition, Paris. 1878. — Notices. Travaux Publics, p. 1 à 4 : « *Pont de Mantes sur la Seine* ».

Tous les dessins, sauf S$_3$, sont extraits de S'$_1$.

PONT SUR LE DOUBS A VERDUN-SUR-LE-DOUBS (SAÔNE-ET-LOIRE)

Chemin d'intérêt commun n° 51

1895-1897 E^n p^{le} ( ) 40^m4

Φ^1_1



1. Aspect (S_4). — L'extrados des grandes voûtes est en arc ; l'épaisseur croît brusquement aux reins, et y est un peu forte (Φ_1, f_1, f_4).

Les voûtes d'élégissement en briques se continuent sur les culées ; les dernières, du côté des terres, sont mal coupées par les quarts de cône ; celles voisines des clefs des demi-arches de rive semblent un peu trop aveuglées (f_1).

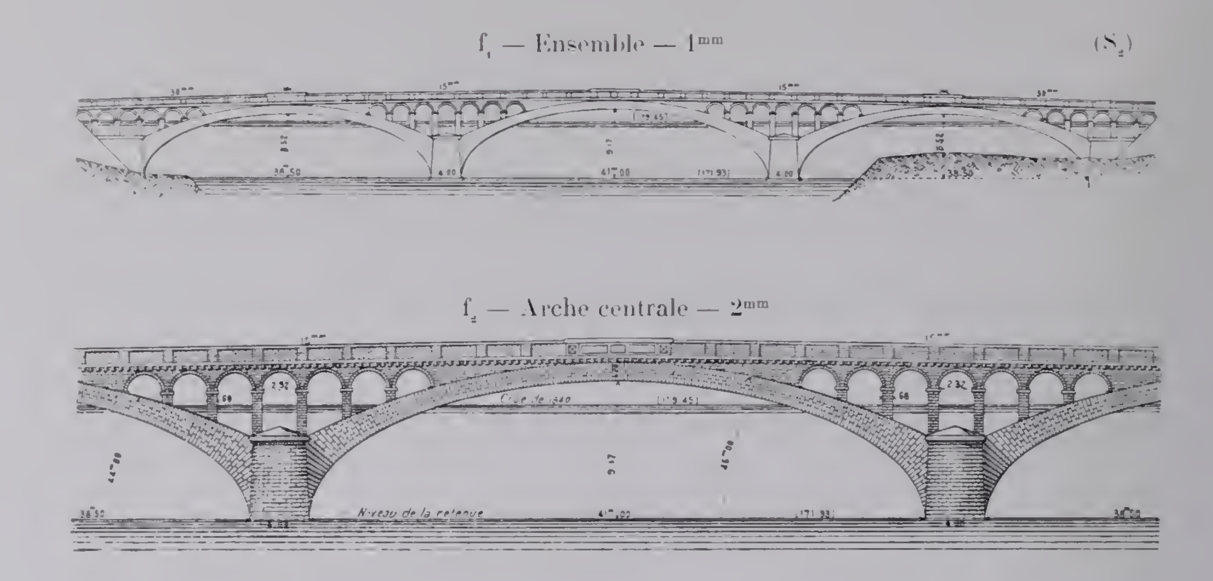
2. Parapet. — Le parapet en briques est en encorbellement sur modillons un peu gros pour la plinthe. Des feuillards, noyés dans quelques joints horizontaux, consolident les panneaux, qui n'ont que 0^m11 d'épaisseur.

3. Construction des voûtes (S_1). — Le 26 septembre 1896, une crue de 6^m jeta sur le cintre marinier une grosse souche, qui déversa la ferme amont. Au

1. — Photographie gracieusement donnée par M. Tourtay, Ingénieur en chef.

f_1 — Ensemble — 1^{mm} (S_2)

f_2 — Arche centrale — 2^{mm}

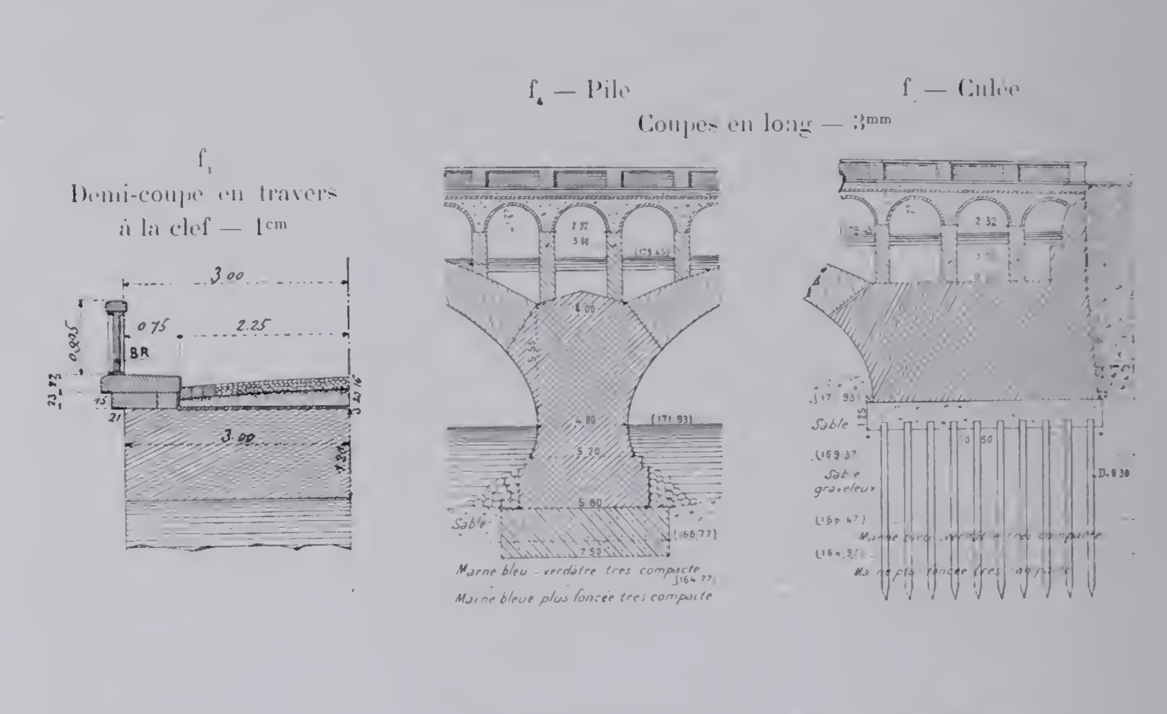


f_4 — Pile f — Culée

Coupes en long — 3^{mm}

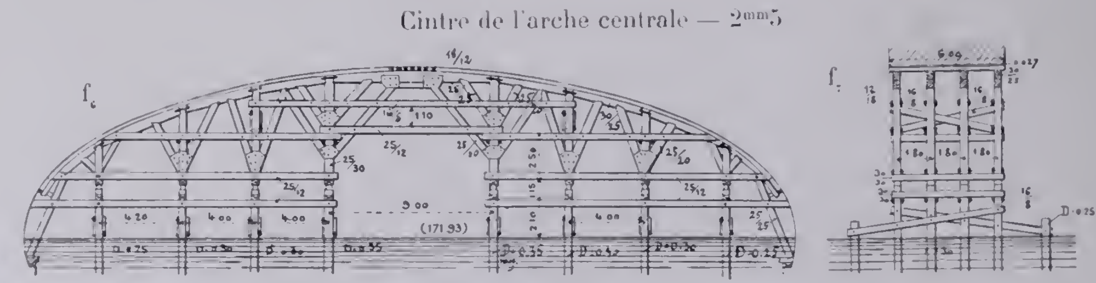
f_3

Demi-coupe en travers à la clef — 1^{cm}



Cintre de l'arche centrale — $2^{mm}5$

f_6 f_7

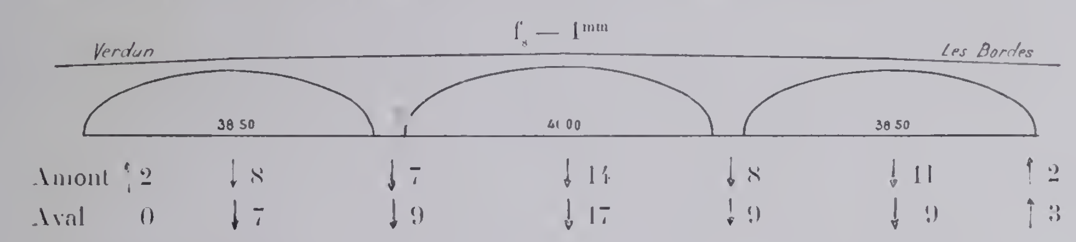


cintre de rive gauche, cette crue enleva 7 boîtes à sable et en décala 2 ; au cintre marinier, elle enleva 10 boîtes et en décala 11. Très heureusement, on avait placé, à côté de chaque boîte, un billot ayant, à quelques millimètres près, la même hauteur : les billots supportèrent les cintres, mais le décintrement dut alors commencer.

3. Dates (1896). Tassements (S_1).

	Voûte centrale	Voûtes de rive — Rive gauche	Voûtes de rive — Rive droite
Achèvement du 1er rouleau	6 août	17 juillet	6 août
Achèvement du 2e rouleau	20 août	4 août	5 septembre
Décintrement (avant l'exécution des tympans)	7 octobre	13 octobre	16 novembre
Temps laissé sur cintre depuis le clavage du 2e rouleau	48 jours	70 jours	71 jours
Tassement au décintrement amont	19^{mm}	14^{mm}	19^{mm}
Tassement au décintrement aval	24^{mm}		
Tassement total après quelques jours	34^{mm}		
Fissures à l'extrados des reins, observées au décintrement	2 fissures à peu près symétriques, d'environ 1^{mm}.	1 seule du côté de la culée, de 1/4 de mm.	Pas de fissure au décintrement ; mais, quelques jours après, 2 cassures presque imperceptibles.

4. Mouvements observés en 1909. — Voici, en mm., les mouvements observés aux clefs et aux appuis, du 26 mai au 13 décembre 1909 :[2]



5. Personnel (S_1).

Ingénieurs : — en chef, M. Jozon ; — ordinaire, M. Labbaye.

Entrepreneurs : MM. Boyer et Antoine.

2. — Observations qu'a bien voulu faire faire, sur ma demande, M. Bouteloup, Ingénieur des Ponts et Chaussées, alors à Chalon-sur-Saône.

SOURCES :

S_1. — Annales des Ponts et Chaussées, 1897, 4e trimestre, p. 179 à 190, Pl. 31 et 32 : « *Note « sur la construction d'un pont-route sur le Doubs, à Verdun* », M. Labbaye, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

S_2. — Dessins d'exécution.

S_3. — Ce que j'ai vu — mai 1909.

PONT DE L'EMPEREUR FRANÇOIS SUR LA MOLDAU A PRAGUE

1898-1901 E^n P^{te} C. 40m,5

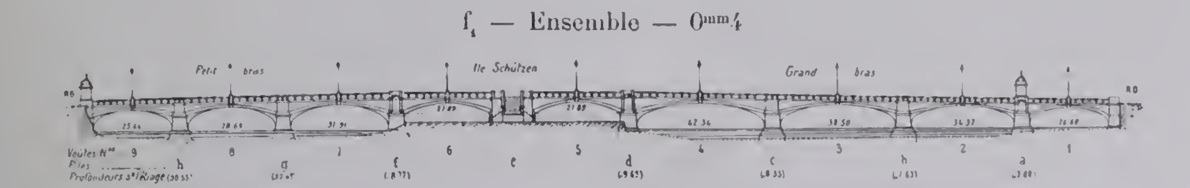
Φ$_1$ (S$_1$)



1. Intrados et épaisseurs des voûtes.

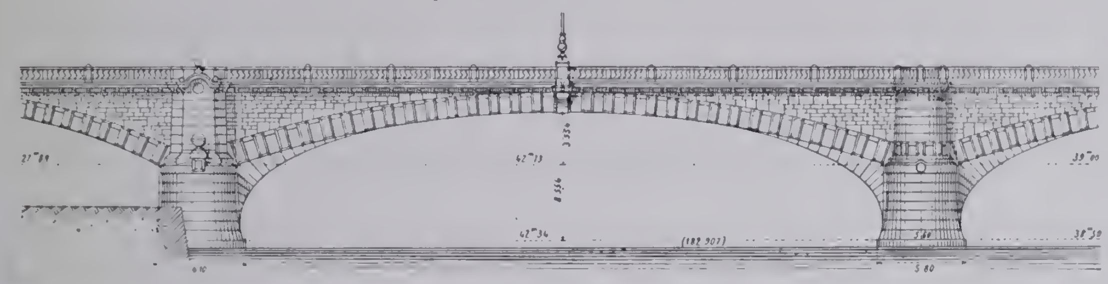
		Voûte n° (voir f$_1$)	2	3	*4*	7	8	9
Sur l'axe (anses de panier)	Portée		34m32	38m50	*42m34*	31m91	28m69	25m64
	Montée		7m32	7m97	*8m55*	8m79	8m03	7m12
	Surbaissement		1/4.68	1/4.83	*1/4,95*	1/3,63	1/3,57	1/3.60
Aux têtes (arcs de cercle voussures en corne de vache)	Portée		35m71	39m	*42m73*	32m30	29m19	26m10
	Montée		2m97	3m27	*3m55*	3m52	2m93	2m27
	Surbaissement		1/11,69	1/11,92	*1/12.03*	1/9,17	1/9.96	1/11,49
Épaisseurs	à la clef		1m17	1m30	*1m44*	1m10	1m05	1m00
	aux reins	sur l'axe	2m20	2m20	*2m20*	»	»	»
		aux têtes	1m68	1m83	*2m00*	1m68	1m60	1m50

f_1 — Ensemble — 0mm4



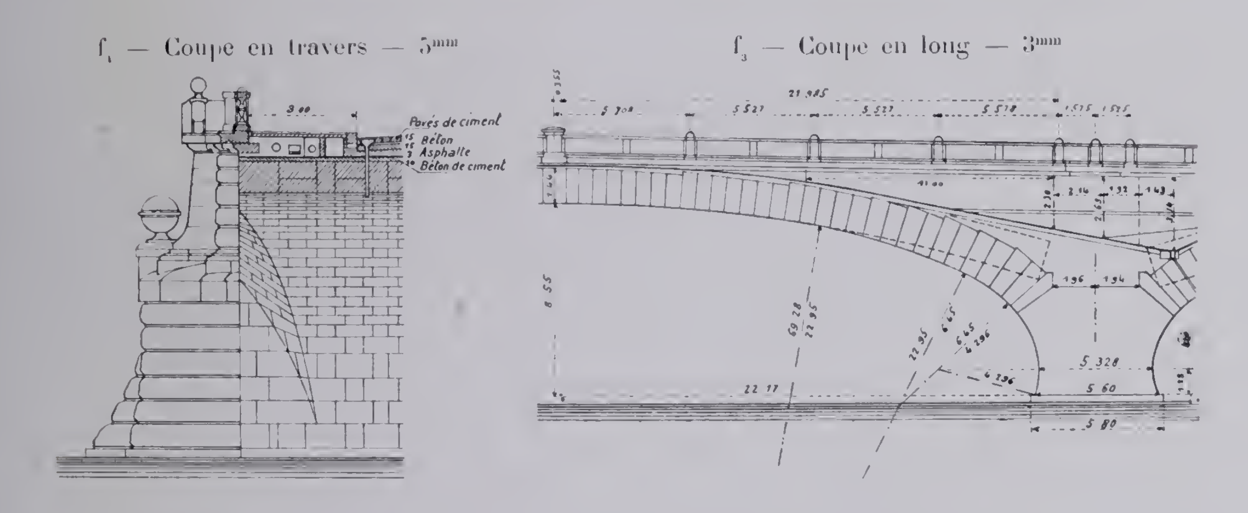
Plus grande arche (n° 4)

f_2 — Élévation — 2mm



f_4 — Coupe en travers — 5mm

f_3 — Coupe en long — 3mm



2. Piles.

	Piles (f_1)		
	a	*b* et *c*	*d* et *f*
Épaisseur aux naissances des arcs de tête	5m48	5m	5m69
Épaisseur au niveau de l'étiage	5m75	5m80	6m10

Les becs sont parementés en granit.

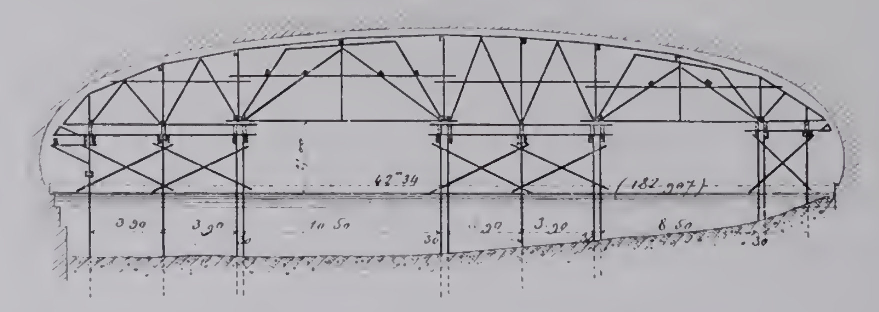
3. Tympans. — Ils ont 1m en bas, 0m60 en haut.
Les parements sont en grès, le corps en briques.

4. Couronnement. — La corniche est en saillie sur corbeaux.

Tout le couronnement est en granit, sauf les balustres qui sont en grès.

5. Cintres. — Les fermes des voûtes en rivière portaient sur des files de pieux battus à 3m de fiche.

f_5 — Cintre de l'arche n° 4 — 2mm5 (S_2)



On a ménagé des passes navigables de 8m50 et 10m50 à deux arches du bras droit, à une du bras gauche.

6. Fondations.

A. Culées fondées sur pilotis	Épaisseur au niveau des naissances	Dimensions des massifs	Pieux ronds de 0m30			Béton de ciment à 1. 3. 5, noyant les têtes des pieux (pilonné par couches de 0m15)	
			Nombre	Espacement d'axe en axe	Fiche	Épaisseur	Le dessous du béton est plus bas que l'étiage de:
Culée rive droite..	6m136	27m54 × 6m65	115	0m70	3m à 4m65	1m15 et 1m82	2m15
Culée rive gauche.	7m158	24m33 × 8m40	205	0m90	3m à 5m60	1m90	2m95

B. — Piles. — *Pile* a (f_1). — Il y avait là une ancienne pile fondée sur pilotis. On comptait d'abord la conserver.

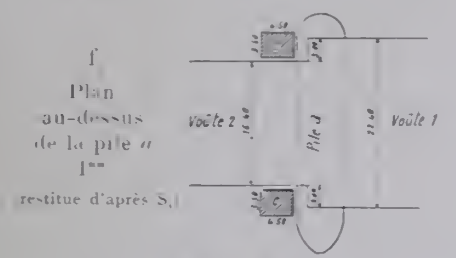
On fonda à l'air comprimé les deux becs, plus bas que les anciens pieux ; on craignit alors pour eux, et on fonda également à l'air comprimé le corps de la pile.

Voici les dimensions des caissons pour une longueur totale de massif fondé de 30m60.

	Avant-bec	Partie centrale	Arrière-bec
Forme.....................	Triangle	Rectangle à coins arrondis	Demi-cercle
Longueur..................	8m20	13m20	7m20
Largeur...................	7m70	7m	6m70
Poids.....................	18.475k	37.128k	17.492k

Les caissons sont descendus à 7m sous l'étiage, à 0m50 dans le schiste.

L'intervalle de 1m entre eux est rempli de béton de ciment jusqu'à l'étiage.



f
Plan au-dessus de la pile *a* 1re (restitué d'après S.)

Les têtes de la voûte 1 sont en saillie de 3^m sur celles de la voûte 2 ; au droit de cette saillie, on a descendu deux petits caissons *c,c*, à 0^m20 du grand (f.).

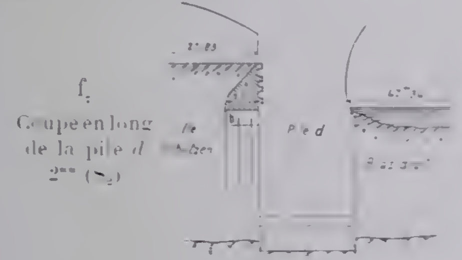
Sur eux, s'appuie un contrefort, encastré en haut dans la pile *a*.

Pile b — *Pile* c *(pile en rivière de la voûte de 42^m34)* (f_1). — Elles sont fondées à l'air comprimé, sur caissons de $26^m70 \times 8^m$, pesant 73 360ᵏ.

Pile d *(pile-culée de la voûte de 42^m34)* (f_1). — Le massif, long de 21^m80, est fondé sur trois caissons descendus à 9^m69 sous l'étiage, à 0^m20 dans le schiste.

Voici leurs dimensions :

	Becs	Partie centrale
Forme	Demi-cercle	Rectangle
Longueur	3^m65	13^m20
Largeur	6^m60	7^m00
Poids avant-bec	8.244ᵏ	37.128ᵏ
Poids arrière-bec	8.682ᵏ	



f_2
Coupe en long de la pile *d* 2me (S_2)

On a rempli de béton de ciment l'intervalle de 0^m65 entre les caissons.

On a renforcé les fondations du côté de l'île par un contrefort V (f_2), appuyé sur une dalle de béton *b* de 1^m50, descendue à 2^m19 sous l'étiage, et enrobant la tête de 42 pieux espacés de 0^m76 (f_2).

7. Décintrement. — On opérait par abaissements de 10mm.

Les tympans des arches du bras droit n'étaient pas construits au moment du décintrement.

Voici les dates et les tassements :

Voûtes (f_1) Nos	Voûtes Portée	Dates de Construction: Commencement	Achèvement	Décintrement	Nombre de jours sur cintre	Surhaussement du cintre en mm	Tassement en mm. à la clef: du cintre pendant la construct. de la voûte	de la voûte au décintrement	Total	Hauteur en mm. de la clef au-dessus du projet
1	26^m60	21 août 1899	8 déc. 1899	14 juillet 1900	219	110	32	8	40	− 70
2	34^m32	6 juin —	1er déc. —	9 déc. 1899	8	110	51	24	75	+ 35
3	38^m50	9 mai —	22 août —	2 déc. —	102	126	74	14	88	+ 38
4	*42^m34*	*22 juillet* —	*1er déc.* —	*9 déc.* —	*8*	*120*	*66*	*21*	*87*	+ *33*
5	27^m89	16 octob. —	8 déc. —	9 déc. —	1	110	46	9	55	+ 55
6	27^m89	22 févr. 1900	13 août 1900	14 août 1900	1	50	54	3	57	− 7
7	31^m91	13 juin —	11 juillet —	14 août —	34	90	19	13	32	+ 58
8	28^m69	2 mai —	25 juillet —	10 août —	16	90	65	4	69	+ 21
9	25^m64	7 mai —	26 juillet —	28 juillet —	2	70	49	4	53	− 17

9. Personnel.

Ingénieurs :

Projet. MM. Johann Janů, Ingénieur, (mort en 1892) ; Georg Soukup, Ingénieur ; Anton Balšánek, Architecte.

Études définitives et Exécution.

Directeur général. — Jusqu'à fin 1898 : M. le Conseiller Josef Srdinko ; depuis, M. le Conseiller Josef Václavek.

Directeur. — Jusqu'en juin 1899 : M. Georg Soukup, Ingénieur en chef ; depuis, M. Rudolf Kaplan, Ingénieur, précédemment Directeur adjoint.

Ingénieur. — M. Jaroslav Pavlánský.

Architecte. — M. Anton Balšánek.

Entrepreneurs : MM. G. Gregersen et fils, d'Ofen-Pest (Hongrie).

SOURCES :

S_1. — Œsterreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst, 15 juin 1901, p. 394 à 401, Pl. 39 et 40 : « *Die neue steinerne « Kaiser Franzens-Brücke », über die Moldau, in Prag.* » M. Rudolf Kaplan, Ingénieur.

S_2. — Dessins de détail qu'a bien voulu m'adresser M. Mencl, Ingénieur à Prague.

S_3. — Renseignements gracieusement communiqués par M. Guillaume Weingärtner, « Oberbaurath » à Prague.

S_4. — Ce que j'ai vu — septembre 1904.

Texte : Ce qui n'est pas spécifié S_3 et S_4 est de S_1.
Dessins : Ils sont réduits de S_1 et S_2.

PONT SUR LE RHÔNE A VALENCE (DRÔME)

Route Nationale n° 7 de Paris à Antibes

1901-1905 E^n I^{le} (> 40m)6

Φ_1 (S''_2)

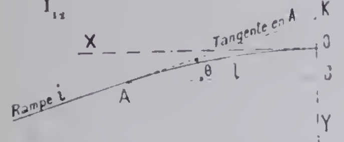


1. Pourquoi il y a une pile au milieu. — Le pont a été construit à 30m en aval d'un pont suspendu à deux travées, démoli depuis.

Il a une pile au milieu, dans l'axe de celle de l'ancien pont.

2. Déclivités de la chaussée. — Pour ménager une passe navigable de 30m sur 11m au-dessus de l'étiage, la chaussée est, sur les arches de rive, en rampe de 34mm, un peu forte pour l'aspect, et, sur les arches centrales, en courbe de 106m70 de corde, 0m913 de flèche[1].

1. — Les rampes d'accès sont raccordées par la parabole : $y = \frac{i x^3}{l^2}\left(1 - \frac{x}{l}\right)$



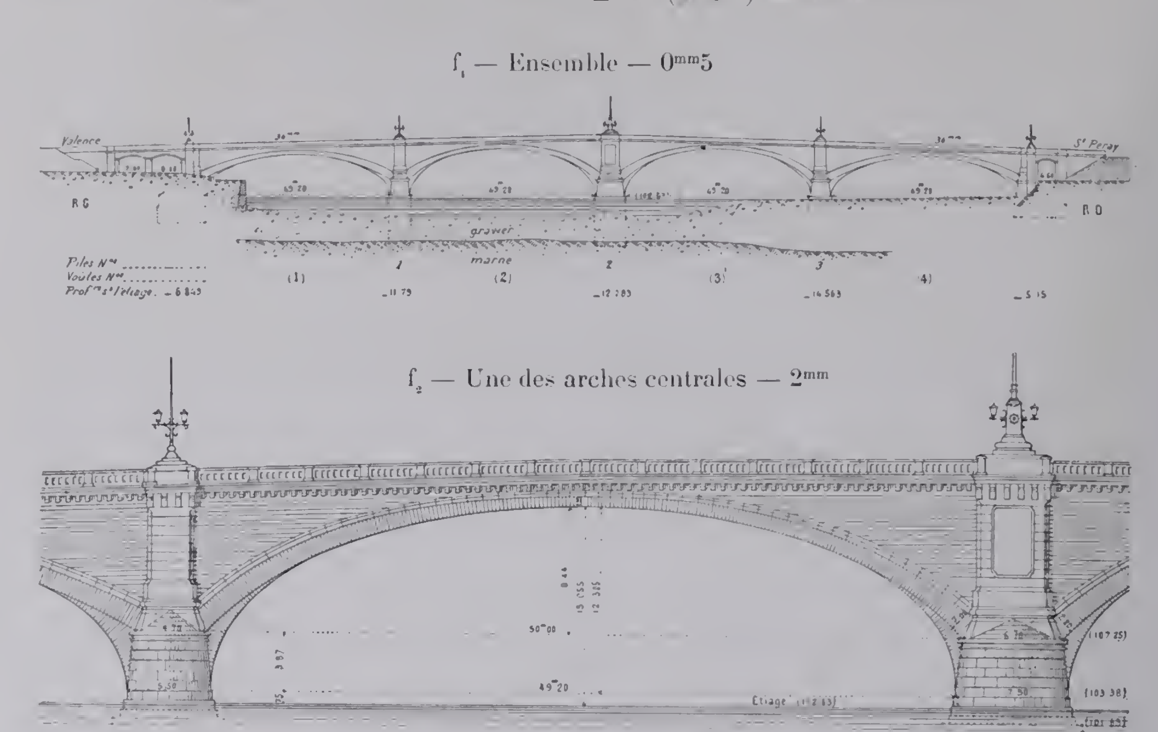
On a : $Tang\ \theta = i$

$OD = OK = \frac{il}{2}$

Le rayon de courbure est infini en A et O.

M. Auric, Ingénieur des Ponts et Chaussées :
Note sur diverses courbes de raccordement. (Annales des Ponts et Chaussées, 1908 — IV, p. 84).
Ponts en maçonnerie (Calculs et Construction). — Paris, Doin, 1911, p. 73.

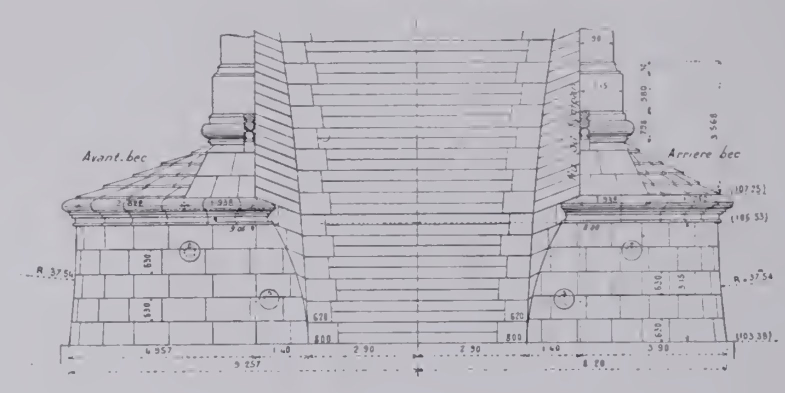
f1 — Ensemble — 0mm5



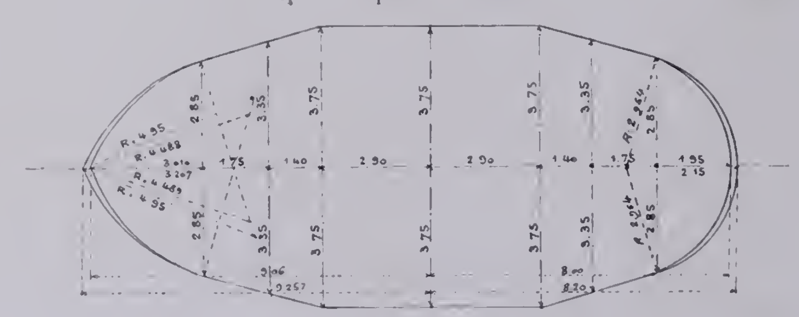
f2 — Une des arches centrales — 2mm

Pile du milieu — 5mm

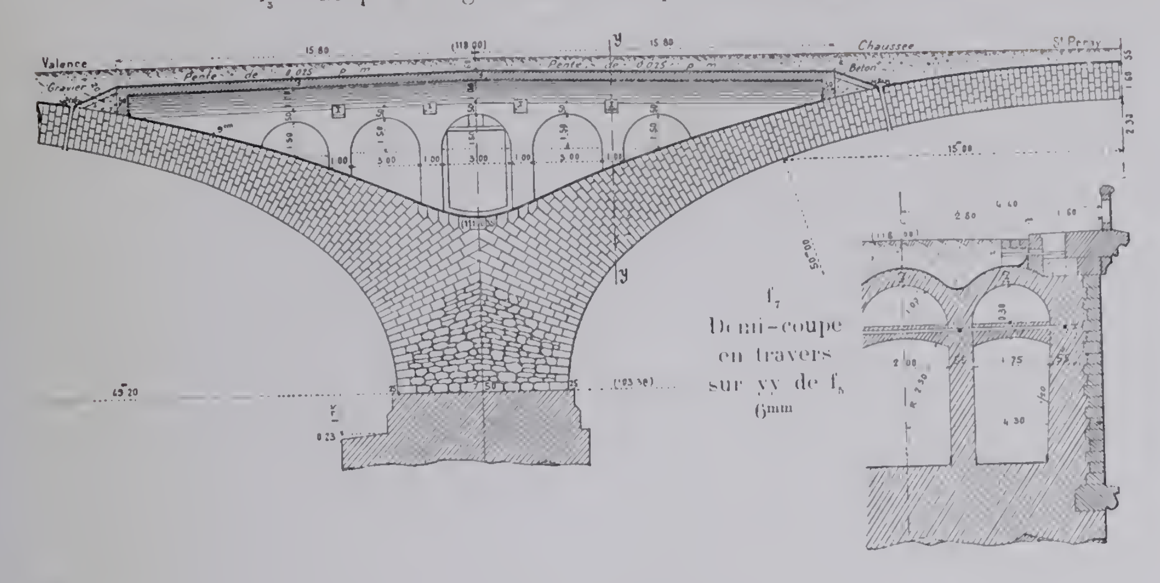

f3 — Élévation transversale



f4 — Coupe horizontale

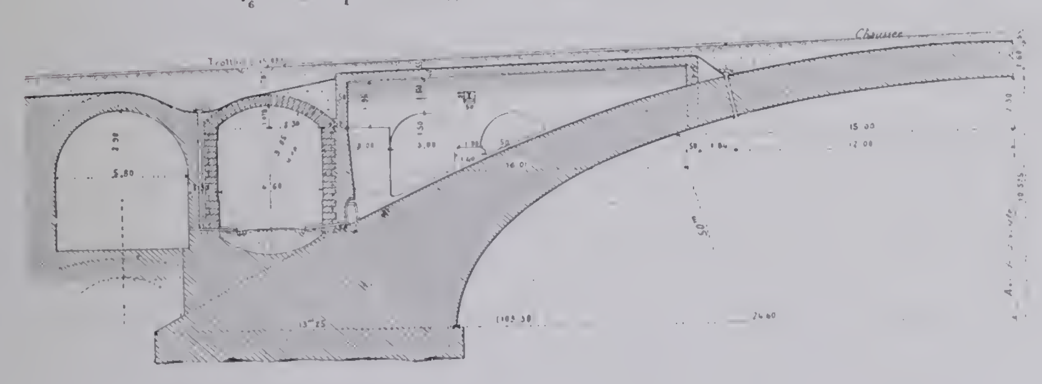


f_5 — Coupe en long au-dessus de la pile du milieu — 3ᵐᵐ



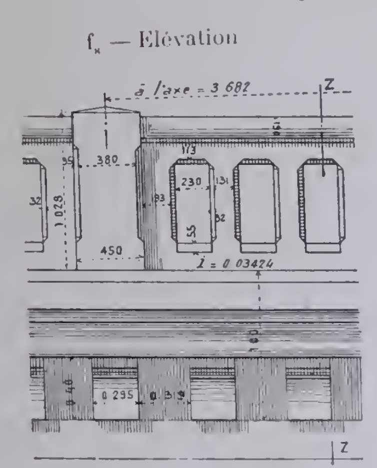
f_7 Demi-coupe en travers sur yy de f_5 6ᵐᵐ

f_6 — Coupe en long de la culée rive droite — 3ᵐᵐ

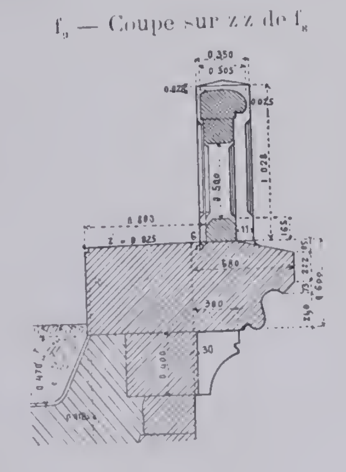


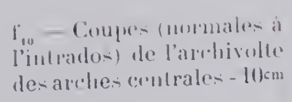
Couronnement 2ᶜᵐ

f_8 — Elévation

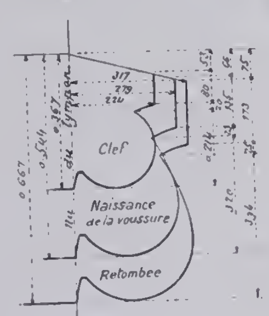


f_9 — Coupe sur zz de f_8



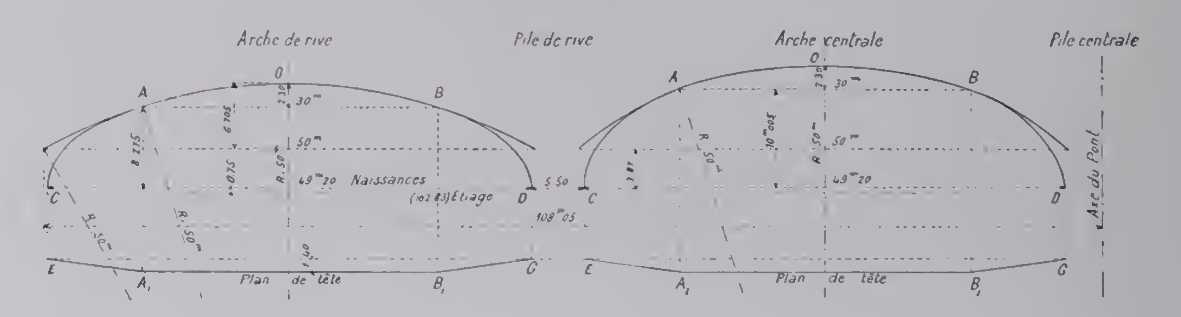


f_{10} — Coupes (normales à l'intrados) de l'archivolte des arches centrales - 10ᶜᵐ



3. Intrados sur l'axe (f_{11}). — Le cerveau AOB des 4 voûtes est en arc de cercle de 50m de rayon et 30m de corde. L'arc des reins (AC, BD) est une parabole osculatrice, $y^2 = A.x + B.x^2 + C.x^3$ (origine aux naissances).

f_{11} — Intrados — 1mm3



4. Voussure (f_2, f_3, f_{11}). — Aux têtes, les reins des douelles sont échancrés par une voussure en corne de vache ; la pointe est à 15m de la clef.

La 1re directrice, dans le plan de tête, est :

pour les arches de rive, le prolongement de l'arc de cercle du cerveau ;

pour les arches centrales, une parabole osculatrice, $y = A.x + B.x^2 + C.x^3$.

La 2e directrice est l'intersection de la douelle et d'un plan vertical A_1E; B_1G (f_{11}).

La voussure est plus courte qu'à Neuilly, qu'à l'Alma[2].

Peut-être aurait-on pu embrasser, dans un même motif, le bec de la pile et les deux cornes de la voussure[3].

5. Cintres métalliques (Φ_2, Φ_3 ; f_{12} à f_{20}). — On comptait construire d'abord les deux arches de rive droite, les décintrer, la pile centrale formant culée, et réemployer les deux cintres aux deux arches de rive gauche.

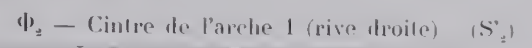
Sur le cintre de l'arche 1 (rive droite), transporté, on a, en effet, construit l'arche 4 (rive gauche). Mais, comme on ne pouvait tenir les palées sous l'arche 3 (centrale rive gauche), il a fallu, pour elle, construire un troisième cintre métallique entièrement retroussé.

2. — E^n rte ($\geqslant$ 40m)2 — Tome 1, p. 154.

3. — Soient : e_0, e_1, les épaisseurs du bandeau à la clef et aux retombées, L le développement de la fibre moyenne. On a admis pour l'épaisseur e à une distance de la clef S, la loi :

$$e^2 = e_0^2 + \left(e_1^2 - e_0^2\right)\frac{S^2}{L^2}$$

Note sur diverses courbes de raccordement, par M. Auric, Ingénieur des Ponts et Chaussées. (Annales des Ponts et Chaussées, 1908-IV, p. 93.)


Φ_2 — Cintre de l'arche 1 (rive droite) (S'$_2$)

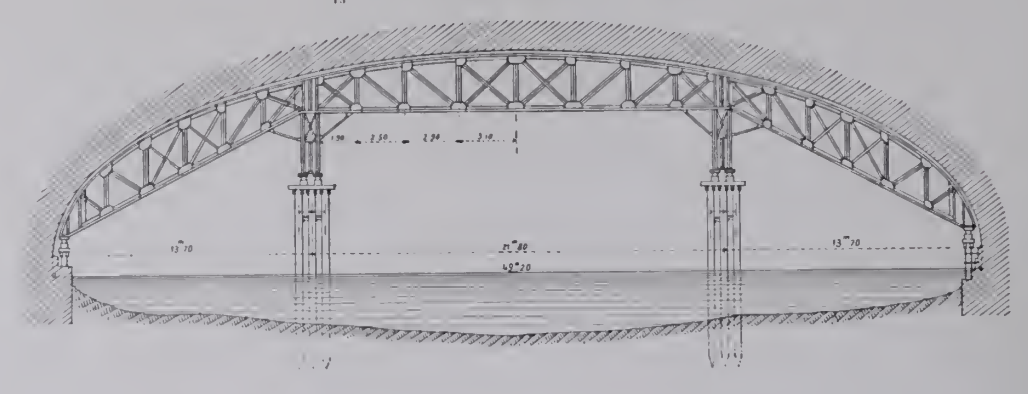


Φ_1 — Cintre de l'arche 3 (centrale rive gauche) (S'$_2$)

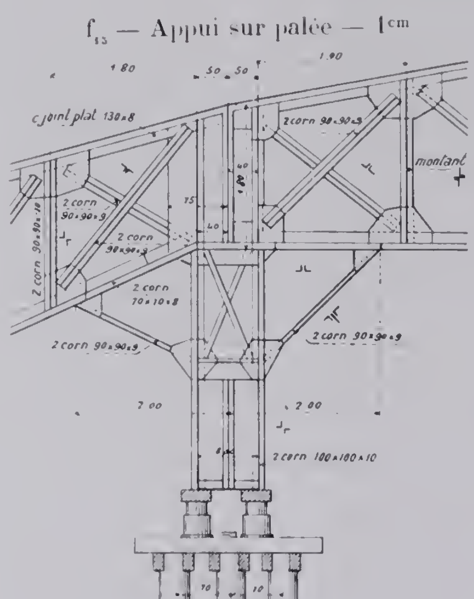


Cintre de l'arche 2 (centrale rive droite)

f₁₃ — Ferme intermédiaire — 2^mm5

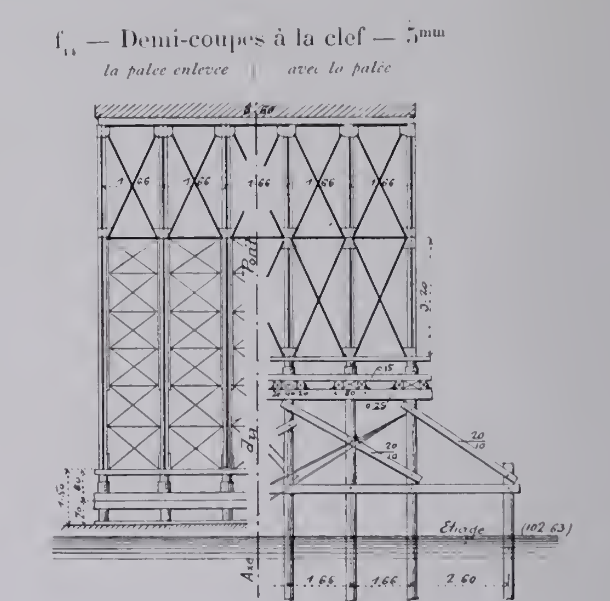


f₁₅ — Appui sur palée — 1^cm

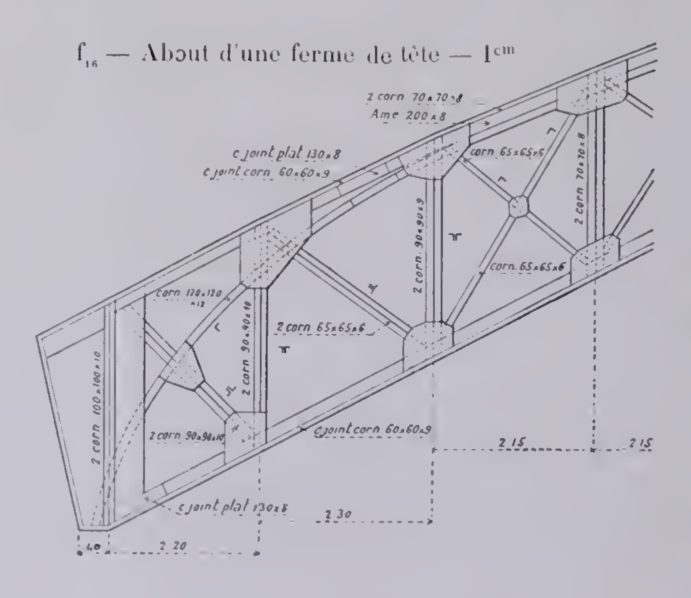


f₁₄ — Demi-coupes à la clef — 5^mm

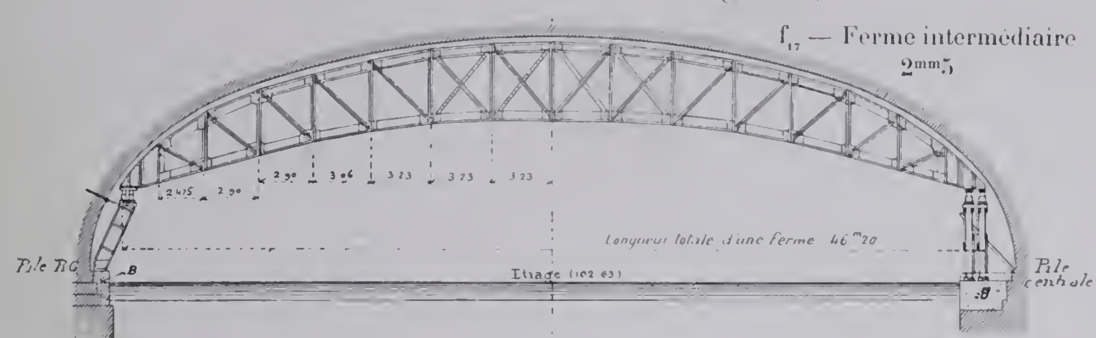
la palee enlevee | *avec la palée*



f₁₆ — About d'une ferme de tête — 1^cm

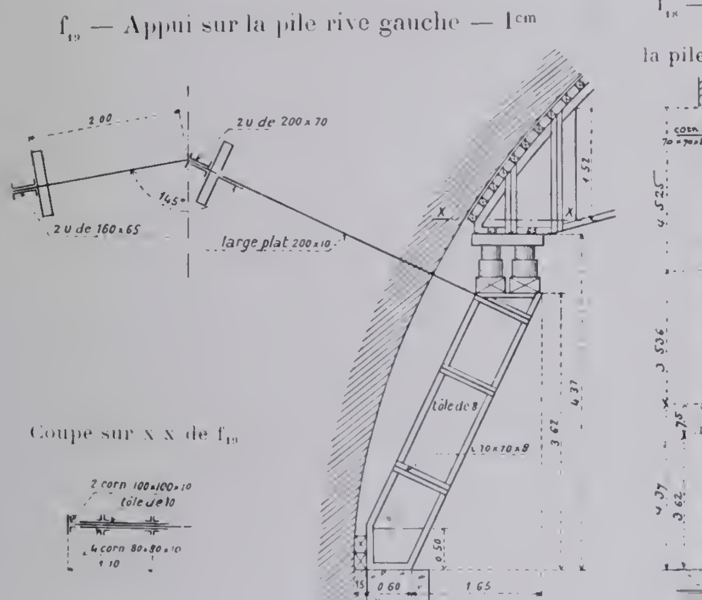


Cintre de l'arche 3 (centrale rive gauche)



f_{17} — Ferme intermédiaire 2mm5

f_{19} — Appui sur la pile rive gauche — 1cm

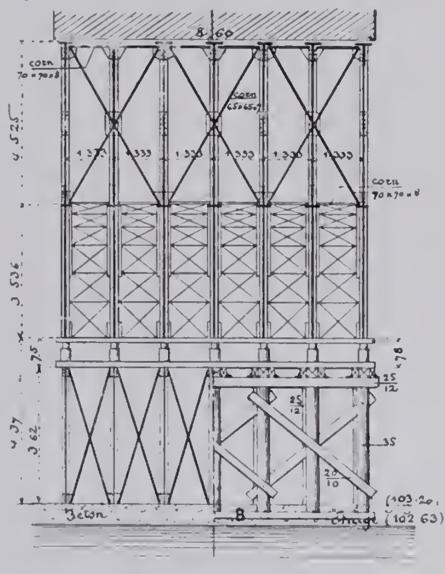


Coupe sur x x de f_{19}

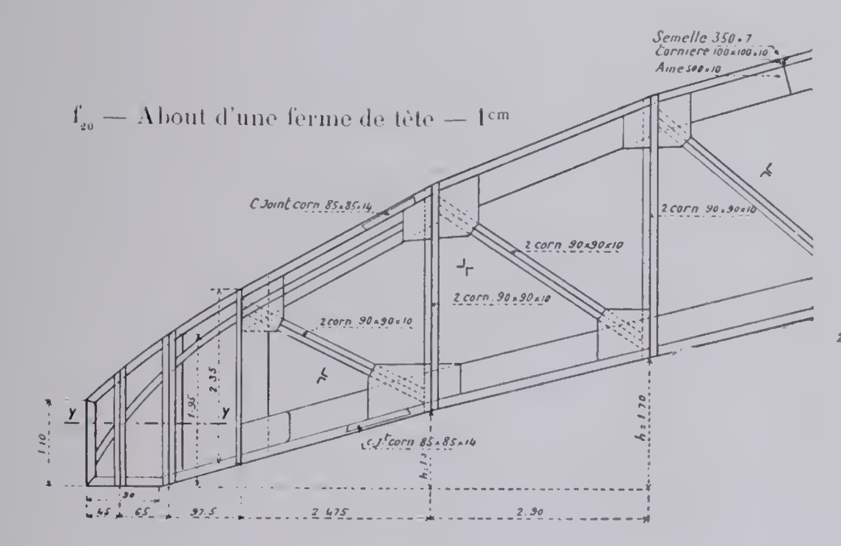
f_{18} — Demi-coupes à la clef — 5mm

vers

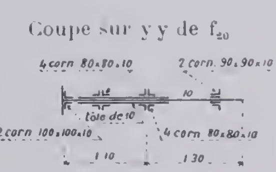
la pile rive gauche | la pile centrale



f_{20} — About d'une ferme de tête — 1cm



Coupe sur y y de f_{20}



6. Fondation de la pile rive gauche. Accident. — Le caisson descendait entre des pieux battus dans des graviers très mobiles.

Ils furent emportés une première fois : on put remettre le caisson en place.

Quand on approcha de la marne, le courant sous le couteau affouilla le sol, renversa les pieux, et déplaça le caisson.

Pour le ramener, on commença par le relever. On exécuta à l'air comprimé une colonne creuse CC (f_{21}, f_{22}) ; des vérins, placés sur la surface supérieure *a b*,

Caisson de la pile rive gauche, le 27 décembre 1903

f_{21} — Coupe sur x x de f_{22} — 5^{mm}

f_{22} — Coupe sur y y de f_{21} — 3^{mm}

soulevaient le caisson. On l'éleva ainsi assez pour le réparer ; puis on le fit rouler sur le sommet de la colonne ; on le ramena à son emplacement, et on l'y redescendit en la démolissant.

7. Construction des voûtes.

A. — Voûtes rive droite (*nos 1 et 2*) (1903-1904). — On construisit d'abord les deux voûtes rive droite à pleine épaisseur jusqu'au droit de la première diagonale des cintres ; puis, au-dessus, en 3 rouleaux.

Le premier comportait 8 tronçons à l'arche 1, 10 à l'arche 2, coupés au droit des montants verticaux des cintres. Les joints secs étaient maintenus en douelle par des règles en chêne de 20^{mm} d'épaisseur.

Les 2e et 3e rouleaux furent exécutés en 6 tronçons chacun.

B. — Voûtes rive gauche (*nos 3 et 4*) (1904-1905). — On les construisit à pleine épaisseur, jusqu'à la deuxième diagonale du cintre pour l'arche de rive, jusqu'à la première pour l'arche centrale.

Puis, on chargea uniformément et simultanément les cintres des deux arches avec les moellons du premier rouleau, en commençant par la clef.

On divisa chaque voûte, par des taquets, en 6 tronçons qu'on attaqua simultanément, en ménageant des joints secs, au droit de tous les montants du cintre pour l'arche centrale, au droit de tous ceux du panneau central pour l'arche de rive.

Les 2e et 3e rouleaux furent exécutés en 4 tronçons.

8. Dépenses (Décompte définitif de l'entreprise, non compris les dépenses en régie).

Fondations à partir de 1^{m} au-dessous de l'étiage	$399.435^{f}29$
Pont proprement dit	$484.362^{f}24$
Cintres	$219.759^{f}39$
Culées	$71.706^{f}57$
Chaussée, caniveaux, trottoirs	$13.721^{f}13$
Candélabres, colonnes rostrales, pylône central, panneaux sculptés	$44.758^{f}73$
Total	$1.233.743^{f}35$

9. Personnel.

Ingénieurs :

Projet : M. Clerc, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Travaux { M. Clerc, Ingénieur en chef.
{ M. Auric, Ingénieur ordinaire.

Entrepreneurs : M. Joseph Fayolle, de Grenoble ;

MM. J. Joya et Cie, de Grenoble, ont exécuté les fondations à l'air comprimé et construit les cintres métalliques

---

SOURCES :

S_1. — Dessins et renseignements gracieusement communiqués par M. l'Ingénieur en chef Clerc.

S_2. — Ce que j'ai vu :

S'_2 — Été 1904.

S''_2 — Septembre 1906.

PONT EDOUARD VII SUR LA TAMISE A KEW[1] (*ANGLETERRE*)

1901-1903 $\quad$ E^n r^{te} (= 40^m,7)

1. Ancien pont de Kew. — Au même emplacement, on avait ouvert à la circulation, en 1789, un pont en pierre à 7 arches, d'abord propriété privée avec péage, puis racheté en 1872 pour 1.432.500^f.

Au moment de construire le pont actuel, on établit un pont provisoire un peu en amont, puis on démolit l'ancien.

2. Pont actuel. — Chaussée et trottoirs. — La chaussée est pavée en bois sur béton de ciment. Les trottoirs sont en béton ; leur bordure, en granit. Dessous passent : d'un côté, une conduite de gaz de 0^{m}457 ; de l'autre, 4 tuyaux de 7^{cm}6 pour câbles télégraphiques, téléphoniques.....

Φ_1



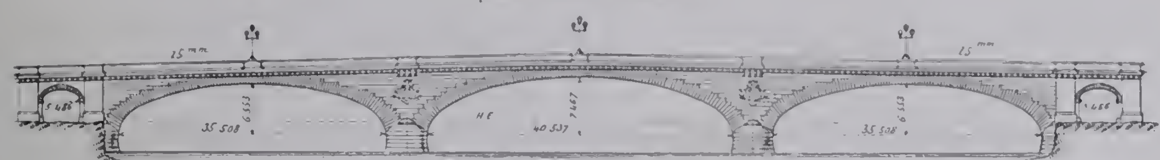
3. Matériaux. — Tous les parements sont en granit (Écosse, Cornouailles, Norwège).

Quelques pierres des chaperons des becs pèsent 4 à 5 tonnes.

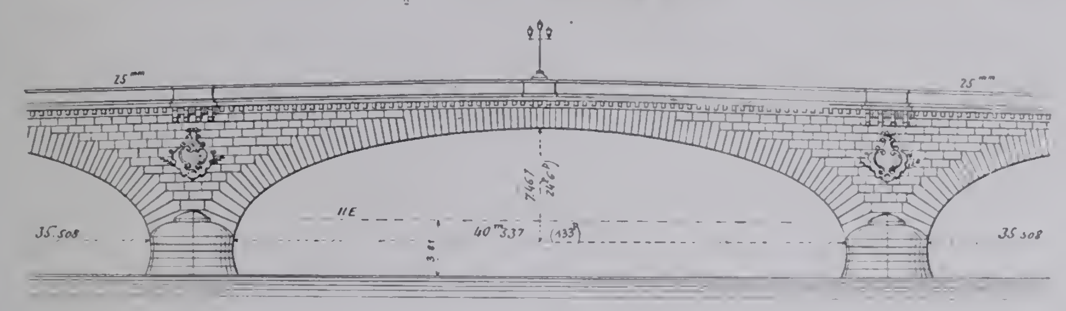
1. — Entre Kew (Surrey), rive droite, et Brentford (Middlesex), rive gauche.



f1 — Ensemble — 1mm

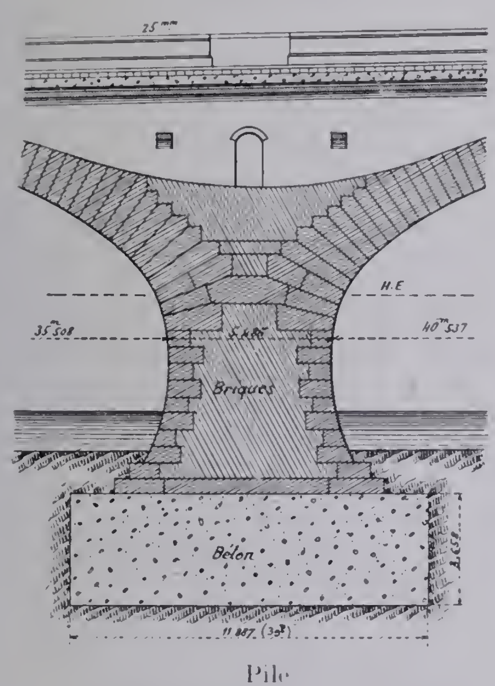


f2 — Voûte centrale — 2mm

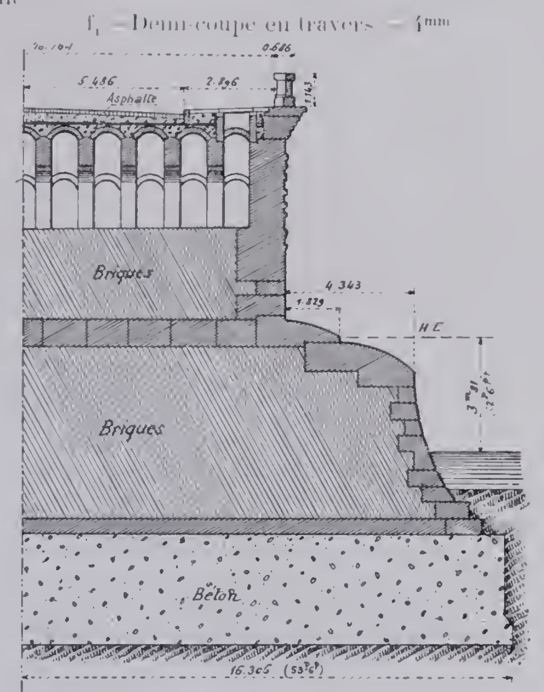


Pile

f3 — Coupe en long — 4mm

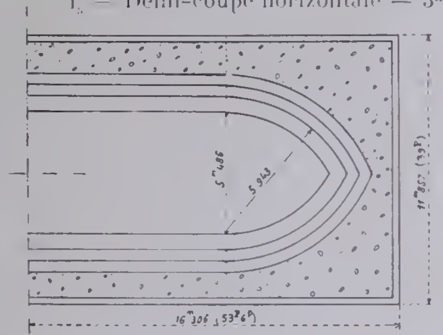


f4 — Demi-coupe en travers — 4mm

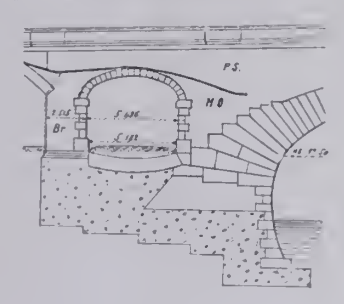


Pile

f5 — Demi-coupe horizontale — 3mm



f6 — Culée rive gauche — 2mm



On a fait en briques :

le noyau des piles et le remplissage au-dessus des sommiers des voûtes jusqu'à 3m96 au-dessus des naissances ;

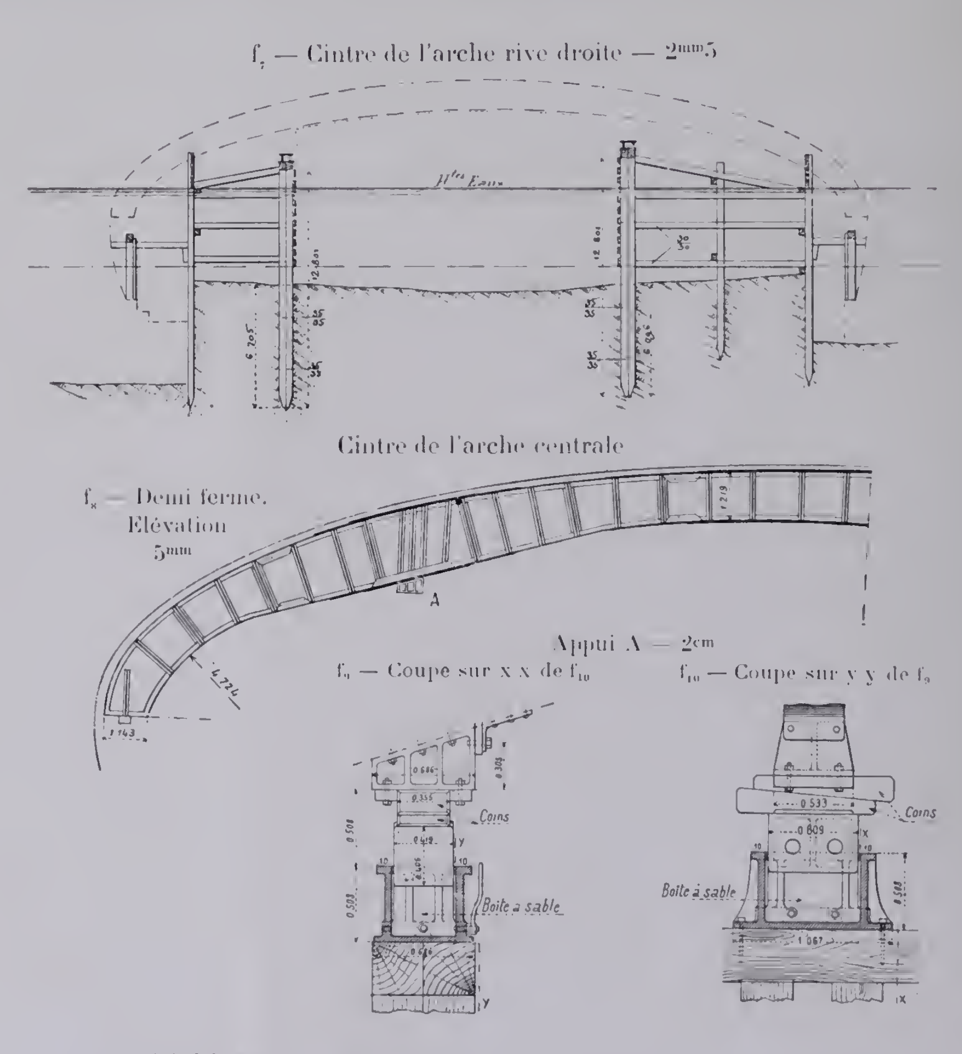
les 11 voûtes d'élégissement, qui ont 0m23 d'épaisseur, et leurs 10 piédroits, qui ont 0m46.

4. Viaducs d'accès. — On accède au pont :

sur la rive droite, par un viaduc de 8 arches ;

sur la rive gauche, par un viaduc de 6 arches (5 de 5m40, 1 de 6m40), dont 5 sont aveuglées et peuvent être louées pour des magasins, des bars, etc...

5. Cintres (f_7 à f_{10}). — La navigation exigea deux passes ayant une revanche de 5m18 au-dessus du T. H. W.[2], une largeur de 22m86 à l'arche centrale, de 15m24 à une arche de rive : c'était imposer des cintres métalliques.[3]



f_7 — Cintre de l'arche rive droite — 2mm5

Cintre de l'arche centrale

f_8 — Demi ferme. Élévation 5mm

Appui A — 2cm

f_9 — Coupe sur x x de f_{10}

f_{10} — Coupe sur y y de f_9

2. — Trinity High Water.

3. — Comme au pont de Putney. A^n 1re (> 40m)[1] — Tome III.

Les pieux des palées en rivière furent battus à 2ᵐ13 au-dessous des fondations. Après l'enlèvement des cintres, on les recépa à — 3ᵐ.

Chaque ferme a été construite en trois tronçons : on a amené sur bateau et monté les tronçons extrêmes, puis le tronçon central, en le faisant porter sur les abouts en porte-à-faux des semelles inférieures des tronçons voisins.

On a disposé, entre les fermes et les palées de support, des coins en chêne à 1/12 pour mettre les fermes à hauteur, et, au-dessous, des boîtes à sable pour le décintrement, boîtes rectangulaires avec pistons en fonte (f_9, f_{10}).

Les appuis extrêmes, qui sont peu chargés, portent sur des coins.

Sur les semelles supérieures des fermes, on boulonna une fourrure d'environ 10ᶜᵐ, dont on régla exactement l'extrados.

Dessus, on cloua des couchis de 10ᶜᵐ × 20ᶜᵐ.

6. Exécution. — Les matériaux, approvisionnés sur la rive droite, étaient amenés par un câble de 167ᵐ64 de longueur, 5ᶜᵐ de diamètre, pouvant porter 6 tonnes, et transporter 2 à 3 tonnes, à une vitesse de 3ᵐ81 par seconde.

7. Décintrement. — On procéda par abaissements successifs de 6ᵐᵐ, toutes les 10 minutes, jusqu'à décollement complet.

On retira les couchis, on coupa les rivets qui assemblaient les tronçons des fermes.

On a enlevé une ferme par jour ; la dernière, le 8 mai 1903.

8. Achèvement. — La dernière pierre fut posée par le roi Edouard VII, le 21 mai 1903.

9. Personnel.

Ingénieurs :

Projet et Direction générale des Travaux :

Sir John Wolfe Barry, K. C. B. ;

M. Cuthbert A. Brereton.

Construction :

jusqu'au commencement de 1901, M. R. W. Dana, M. A., A M. Inst. C. E. ;

depuis 1901, M. W. Garneys Wales, A. M. Inst. C. E.

Entrepreneurs : MM. Easton Gibb et fils, d'Aberdeen.

SOURCES :

S_1. — Engineering :

15 mai 1903 ; texte, p. 662 et 663 ; dessins, p. 650, 651, 654 ; photographies, p. 643, 654.

5 juin 1903, p. 739 à 742 ; « *The King Edward VII Bridge at Kew* ».

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A PLUSIEURS GRANDES ARCHES
SOUS ROUTE

Série $E^n E^n r^{te}_{(>40^m)}$ [1]

1. Pour le sens de ce symbole, voir Préliminaires, p. 3 et 4

PONTS EN DEUX ANNEAUX A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUT

PONT - Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	PROJET — ENSEMBLE Largeurs entre parapets { *des anneaux en douelle, à la clef* } { du vide entre eux } Fruit des tympans	GRANDES VOÛTES — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure* : { *à la clef* / *aux naissances* }	GRANDES VOÛTES — ÉPAISSEURS — CORPS { Clef / *Milieu de la montée* }	GRANDES VOÛTES — ÉPAISSEURS — TÊTES { Clef / *Reins* }	GRANDES VOÛTES — MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	GRANDES VOÛTES — PRESSIONS en kg 0^m01^2 *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
des **Amidonniers** à **Toulouse** *France* Pont 1904-1907 Dalle 1909-1910 **E^n E^n** r^{te} (> 40m) 1 *2 ponts à 5 arches : 1 centrale de 46m, 2 intermédiaires de 42m, 2 de rive de 38m 50.* *(Voir pour celles de rive, pages 190, 191).*	*257m 21* 20mm — 20mm Raccordement par une parabole entre axes des piles centrales. 17m étiage	22m 00 *3m 32* 9m 84 Fruit $\frac{1}{40}$ Revanche de la chaussée sur l'extrados 1m63	*Voûtes centrales* Ellipse aplatie aux reins $46^m,00$ *10m 993* $\frac{1}{4,17}$ = 0,239 [*45m 61* / *1m 70*] *Voûtes intermédiaires* Ellipse aplatie aux reins $42^m,00$ *10m 307* $\frac{1}{4,10}$ = 0,245 [*40m 11* / *4m 15*]	$1^m,26$ *2m, 59* *à 37°* $1^m,21$ *2m, 52* *à 38°*	*Voûte amont* $1^m,26$ *1m 98* *à 37°* *Voûte aval* $1^m,26$ *2m 65* *à 37°* *Voûtes amont* $1^m,21$ *1m 98* *à 38°* *Voûtes aval* $1^m,21$ *2m 55* *à 38°*	Calcaire de Vianne (Lot-et-Garonne) 1083k à 1305k Joints minces Lits pleins, sans démaigrissement Bandeaux : vus : PT 1 (petit appareil) intérieurs : MAV 1 Douelle et Queutage : MEV 1 *Sable de la Garonne* *Ciment artificiel Vicat n° 1 — 600k*	*Voûtes centrales* Pression 5 — MAX. / moy. *sans surcharge* Clef 24k / 24k Milieu de la montée 34k(intr7) (effort MAX.) / 16k Retombées 17k(intr7) / 13k *avec surcharge* *1° sur toute la voûte* Clef 39k(extr8) / 29k Milieu de la montée 43k(intr7) (effort MAX.) / 21k Retombées 20k(intr7) / 16k *2° sur une 1/2 voûte* Clef 40k(extr8) / 27k a - 1/2 voute chargée A 60° de la 1/2 portée à partir de la clef 50k(extr8) (effort MAX.) / 24k Milieu de la montée 34k(intr7) / 18k Retombées 21k(intr7) / 15k b - 1/2 voûte non chargée Milieu de la montée 35k(intr7) (effort MAX.) / 18k Retombées 19k(extr8) / 14k *Arc élastique* *Methode graphique Culmann-Ritter* 6 Surcharges : sur les trottoirs : 400k mq sur la chaussée, près des trottoirs : 2 locomotives de 40t ; au milieu : 3 files de tombereaux de 11T	1° Au-dessus d chaque pile 1 voûte transversale vue, en ellipse de 11m60 à 1/4,91 ou de 9m90 à 1/4,97 2° *Aux 2 têtes vues,* *Archivoltes.* *A la tête amont, Voussure.* *Aux voûtes centrales, Cartouche à la clef.* *aux autres, Clef et Contre-cl*

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.
5. Au projet, la largeur entre parapets était de 16m : en exécution, on l'a portée à 22m sur les mêmes voûtes. Les pressions indiquées sont pour le pont de 22m.
6. Elle est exposée : Tome V, — Appendice. 7. Intrados. 8. Extrados.

SÉRIE $E^n E^n$ r^{te} (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION

GRANDES VOÛTES

FONDATIONS ...ature du sol; Profondeur ...us l'étiage; Pressions sur le sol kg : 0m01²; *Procédé*	CINTRES — FERMES — Type; *Matière*; Appareils de décintrement	CINTRES — FERMES — Nombre; *Épaisseur*; Écartement d'axe en axe; *Surhaussement*	CINTRES — Cube de bois, Poids de fer, Dépenses — Totaux	CINTRES — Cube de bois, Poids de fer, Dépenses — par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT — État d'avancement du pont; *Temps entre le dernier clavage et le décintrement*; Date	TASSEMENTS DE LA CLEF — sur cintre t_c; au décintrement t'_v; après t''_v
10	11	12	13	14	15	16	17
	Voûte centrale amont						
Tuf (Mollasse)	Fixe (Pt Antoinette) $\widehat{A}^1$ F'(> 40m)[5] (Tome II) *Sapin* Boîtes à sable	3 *intermédiaires* 2 *1cm* *de rive* 20cm 1m90 *30mm*	94mc4 2337k 8914f	0mc54 13k5 51f4	A partir des retombées : 3 rouleaux, 6 tronçons par rouleau : au 1er rouleau, 11 clavages : au 2e 7, au 3e 7	Voûte nue *299 jours* 14 mars	t_c = 36mm t'_v = 0
	Voûte centrale aval						
... — 3m05 ... — 5m29	— id —	— id —	89mc0 2239k 8301f	0mc52 13k1 48f4	— id —	Voûte nue *236 jours* 22 décembre	t_c = 33mm t'_v = 0
	Voûte intermédiaire rive droite amont						
...ncastrement dans le tuf 2m77 à 3m96	— id —	— id — 25mm	76mc4 2140k 7388f	0mc49 13k6 47f1	— id —	Voûte nue *159 jours* 23 août	t_c = 28mm t'_v = 0
	Voûte intermédiaire rive droite aval						
Pression maxima : ...us les piles : 6k4; ...s les culées : 8k9	— id —	— id —	72mc6 2044k 6922f	0mc47 13k2 44f6	— id —	Voûte nue *169 jours* 23 août	t_c = 23mm t'_v = 0
	Voûte intermédiaire rive gauche amont						
...puisements	On a réemployé le cintre de la voûte rive droite amont	»	»	»	— id —	Voûte nue *125 jours* 8 mai	t_c = 24mm t'_v tête vue 0mm89, tête cachée 1mm85
	Voûte intermédiaire rive gauche aval						
	On a réemployé le cintre de la voûte rive droite aval	»	»	»	— id —	Voûte nue *131 jours* 8 mai	t_c = 25mm t'_v tête vue 2mm35, tête cachée 1mm65

CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER **Q**

DÉPENSE **D**

Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4] }

18

Maçonnerie 11548mc

Béton armé 1263mc

Q = 12811mc

Q : S_p = 2mc2

Q : W = 0mc15

D = 1 145 714f

D : S_p = 202f5

D : W = 13f5

D : Q = 89f4

...Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — A.

3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — B.

PONTS EN DEUX ANNEAUX À PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUT[E]

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	 Largeurs entre parapets *des anneaux en douelle, à la clef* du vide entre eux Fruit des tympans	 GRANDES VOÛTES INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef aux naissances*	 ÉPAISSEURS CORPS Clef *Milieu de la montée*	 TÊTES Clef *Reins*	 MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	 PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	 1° ÉVIDEMEN[TS] DES TYMPANS 2° *DÉCORATIO[N] DES TÊT[ES]*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
des **Amidonniers** à **Toulouse** *(Suite)*			*Voûtes de rive* Ellipse aplatie aux reins $38^m,30$ *9^m 127* $\frac{1}{4,08}$ 0,241 *37^m02* *4m06*	 $1^m,18$ *$2^m,12$ à 40°*	 *Voûtes amont* $1^m,18$ *1^m91 à 40°* *Voûtes aval* $1^m,18$ *2^m12 à 40°*			

SÉRIE $E^n E^n r^{te}$ (≥40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (*Suite*)

FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0^m01^2 *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES: Type *Matière* Appareils de décintrement	FERMES: Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses: Totaux	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses: par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
				Voûte rive droite amont				
	Fixe (Pt Antoinette) *Sapin* Boîtes à sable	3 *intermédiaires* 24cm *de rive* 20cm 1m90 *20mm*	65mc5 1936k 6335f	0mc46 13k7 44f7	Comme les autres voûtes (page 189)	Voûte nue *223 jours* 23 août	t_c 19mm t'_v 0	
				Voûte rive droite aval				
	— id —	— id —	61mc8 1850k 5931f	0mc44 13k2 42f3	— id —	Voûte nue *232 jours* 23 août	t_c 21mm t'_v 0	
				Voûte rive gauche amont				
	On a réemployé le cintre de la voûte rive droite amont	»	»	»	— id —	Voûte nue *100 jours* 19 juin	t_c 18mm t'_v tête vue 0mm38, tête cachée 0mm85	
				Voûte rive gauche aval				
	On a réemployé le cintre de la voûte rive droite aval	»	»	»	— id —	Voûte nue *107 jours* 19 juin	t_c 17mm t'_v tête vue 1mm46, tête cachée 0mm69	

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 4) × Largeur entre parapets (col. [illegible]) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONT DES AMIDONNIERS

Φ_1 — amont — octobre 1911

T. I

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE $E^n E^n$ r^{le} (> 40^m)

MONOGRAPHIES

PONT DES AMIDONNIERS, SUR LA GARONNE, A TOULOUSE

Pont 1904-1907
Dalle 1909-1910

$E^n E^n$ r^{le} (> 40^m) I

1. Dispositions d'ensemble (Pl_1, p. 196 bis ; Pl_2, p. 196 ter ; Pl_3, p. 196 IV). — Deux anneaux de 3^m25 de largeur, écartés l'un de l'autre de 10^m, portent un plancher en béton armé, qui les déborde de 3^m de chaque côté. (Pl_1, f_4).

Sur 2 voûtes ayant ensemble 6^m50 de largeur, on a donné 22^m à la circulation.

Φ_2 — aval — octobre 1911



La face amont du pont regarde la ville : c'en est la façade.

Pour l'aspect et pour l'entrée des eaux, on a effilé les avant-becs, échancré les têtes par une voussure, relevé les bandeaux d'une archivolte (Φ_1 ; Pl_1, f_1, f_2, f_4 ; Pl_2, f_6, f_7 à f_{10} ; Pl_3, f_{27}).

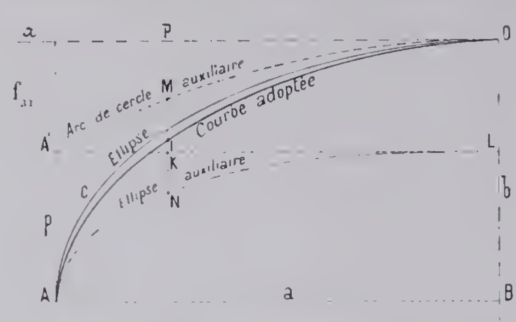
A la face aval, on a aplati les arrière-becs, supprimé la voussure, réduit l'archivolte à un cavet (Φ_2 ; Pl_1, f_4 ; Pl_2, f_7, f_8, f_{11} ; Pl_3, f_{28}).

Les tympans en briques sont rouges, comme les tours de la Dalbade, des Jacobins, de Saint-Sernin.

Les murs des culées s'évasent en courbe comme au vieux pont des Minimes[1] sur le Canal (Pl_2, f_{13}, f_{15}, f_{16}) ; ils ont même corniche (Pl_3, f_{30}).

Le pont est ajusté aux lieux : c'est, à Toulouse, un pont toulousain.

2. Forme des voûtes. — On a tracé l'intrados et l'extrados de façon à satisfaire l'œil, et à bien encadrer les courbes de pression.[2]



A. - Intrados (f_{31}). — Soient :

$AB = a$, la demi-portée ;

$OB = b$, la montée ;

ACO, l'ellipse de demi-axes a et b.

On prend une hauteur arbitraire $AA' = p$, et on trace :

1° - l'arc de cercle A'O. Son équation est :
$$MP = R\left(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}\right)$$

2° - l'ellipse ANL de demi-axes a et p, dont l'équation, par rapport à LA', est :
$$KN = p\left(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}\right)$$

On porte cette ordonnée KN au-dessous de M, c'est-à-dire qu'à PM on ajoute KN.
$$PI = PM + KN = Y = R\left[1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}\right] + p\left[1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}\right]$$ [3]

Voici les données numériques des trois intrados :

Portée $2a$			46^m	42^m	38^m50
Montée b			10^m993	10^m307	9^m427
Ordonnee arbitraire p			10^m40	9^m70	8^m85
Rayon de l'arc de cercle auxiliaire : $R = \frac{a^2 + (b-p)^2}{2(b-p)}$			441^m13	363^m57	319^m74
Rayons de courbure	de la courbe adoptée	à la clef : $\rho_0 = \frac{R a^2}{a^2 + pR}$	45^m61	40^m41	37^m02
		aux naissances : $\rho_1 = \frac{p^2}{R}$ (celui de la petite ellipse LNA)	4^m70	4^m45	4^m06
	de l'ellipse non déformée de demi-axes a *et* b	*à la clef :* $a^2 : b$	*48^m12*	*42^m79*	*39^m31*
		aux naissances : $b^2 : a$	*5^m25*	*5^m06*	*4^m62*

1. — Construit par de Saget aîné (1760-1763). M. de Dartein : « *Études sur les Ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs au XIXe siècle* ». Vol. III, p. 37, Pl. 7, 8, 9.

2. — Tracées pour le pont du projet, qui n'avait entre parapets que 16^m au lieu de 22^m.

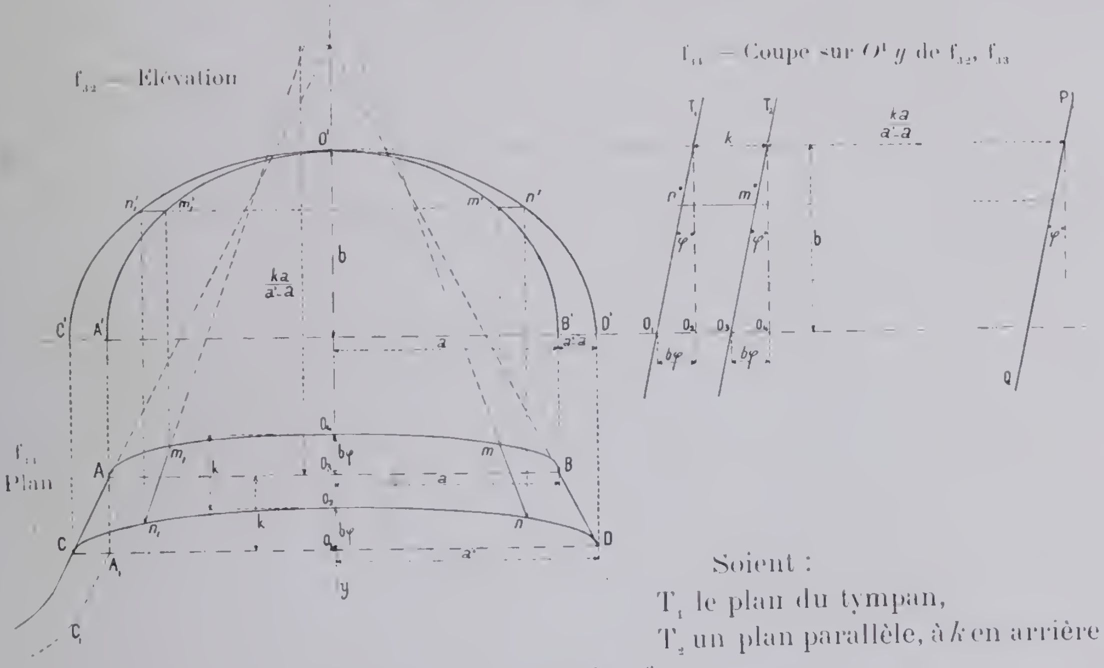
3. — Posons : $\beta = \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}$, $\gamma = \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}$. On trouve :

$$Tang\ \theta \begin{pmatrix}\text{inclinaison} \\ \text{sur } ox \\ \text{de la} \\ \text{tangente} \\ \text{en I}\end{pmatrix} = x\left(\frac{1}{R\gamma} + \frac{p}{a^2\beta}\right) \qquad \rho \begin{pmatrix}\text{rayon de} \\ \text{courbure} \\ \text{en I}\end{pmatrix} = \frac{\left[\beta^2\gamma^2 + x^2\left(\frac{p}{a^2}\gamma + \frac{\beta}{R}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{p}{a^2}\gamma^3 + \frac{1}{R}\beta^3}$$

B. - Extrados.

Voûtes de :	Extrados rapporté à la tangente au sommet	Rayon de courbure au sommet
46m	$y = 51,7825\left(1 - \sqrt[7]{1 - 0,0011849\, x^2}\right)$	57m04
42m	$y = 51,5556\left(1 - \sqrt{1 - 0,0013348\, x^2}\right)$	50m86
38m50	$y = 92,836144\left(1 - \sqrt[12]{1 - 0,001405\, x^2}\right)$	46m

3. Voussure de la tête amont. — Elle est ainsi définie (f_{32}, f_{33}, f_{34}) :



Soient :

T_1 le plan du tympan,

T_2 un plan parallèle, à k en arrière (k compté sur l'horizontale) (f_{34}) ;

$C\,O_1\,D$, $A\,O_3\,B$, leurs traces sur le plan des naissances (f_{33}).

T_2 coupe la douelle suivant l'ellipse ($A'\,O'\,B'$, $A\,O_4\,B$) (f_{32}, f_{33}).

Dans T_1, je trace une autre ellipse ($C'\,O'\,D'$, $C\,O_2\,D$) (f_{32}, f_{33}).

Les distances $A'C' = B'D' = a' - a$ et $O_1\,O_3 = O_2\,O_4 = k$ sont choisies au mieux pour l'aspect.

La surface de la voussure est engendrée par une droite horizontale $m\,n$, $m'\,n'$, glissant sur les deux directrices ($A'\,O'\,B'$, $A\,O_4\,B$) et ($C'\,O'\,D'$, $C\,O_2\,D$)[1].

La courbe en plan de l'avant-bec part suivant $A\,C$, au lieu de $A_1\,C_1$ (f_{33}).

On supprime ainsi une bonne partie de l'avant-bec, laquelle ne servait à rien.

1. — Soit $\frac{k}{a' - a} = \lambda$. L'équation de la voussure est : $\lambda^2 b^2 x^2 = z(2b - z)[y - \varphi z + \lambda a]^2$

Les génératrices telles que $m\,n$, $m'\,n'$ et sa symétrique $m_1\,n_1$, $m'_1\,n'_1$ se coupent dans le plan de profil $O'\,O_1$ (f_{32}, f_{33}), sur la droite $P\,Q$ (f_{34}). La voussure est un conoïde dont $P\,Q$ est l'axe.

Il est, d'ailleurs, rationnel que le support du pont soit moins épais sous les trottoirs qui sont moins chargés.

De plus, la voussure dissimule la forte épaisseur de la voûte aux reins.

4. Piles (Pl_2, f_3 à f_{12}). — Les archivoltes sont reçues et arrêtées par les chaperons inclinés qui coiffent les piles ; au-dessous, les piles continuent les courbes d'intrados.

Dans les ponts en ellipse, on ne réussit pas toujours à bien raccorder les assises inclinées des bandeaux avec les assises horizontales des piles. Cette difficulté est, ici, supprimée.

L'avant-bec est en éperon.

En temps de crue, il se forme, en avant, de gros bourrelets d'eau qui écartent de la pile les corps flottants et préviennent les chocs.

En 8 ans, le tuf, très affouillable, n'a pas été affouillé.

Ces heureux résultats, qui n'étaient point prévus, sont à retenir.

5. Pierres, Briques, Béton. — Sont :

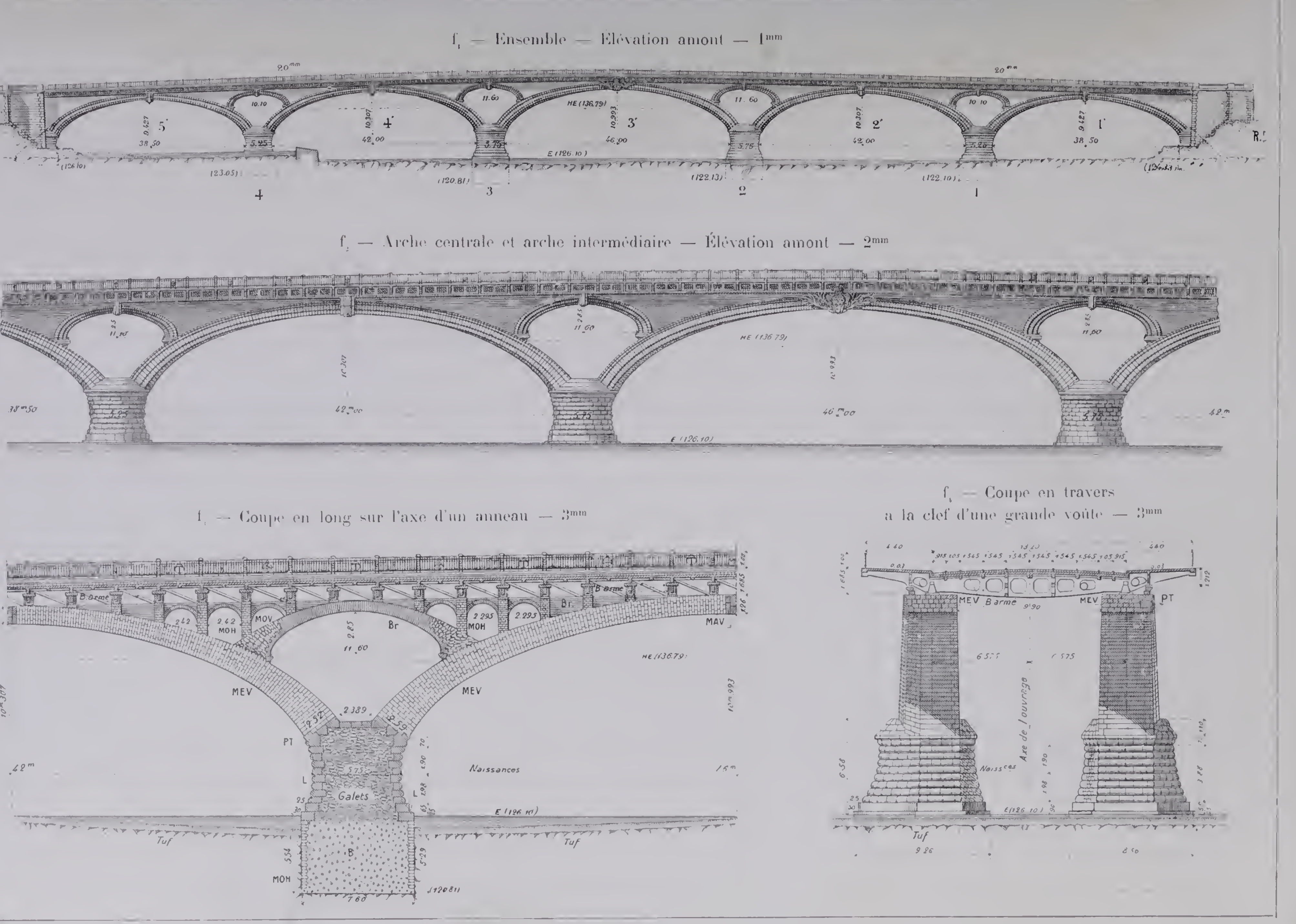
en calcaire de Vianne[5] : les parements des piles, les grandes voûtes, les clefs, cartouches, corniches ;

en galets : le noyau des piles ;

5. — Calcaire lacustre (miocène moyen). Bancs des bords de la Baïse, entre Port-Sainte-Marie et Lavardac (Lot-et-Garonne). Ils ont fourni les ponts sur la Garonne : d'Agen, de Port-Sainte-Marie, de Marmande.....

Voici les résultats des essais, faits sur ma demande, au Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées, en avril et mai 1904, sur des cubes de 7^{cm} :

	Bancs pour grand appareil						Bancs pour petit appareil					
	suivant le lit			normalement au lit			suivant le lit			normalement au lit		
	min.	MAX.	moy.	min.	MAX.	moy.	min.	MAX.	moy.	min.	MAX.	moy.
Poids du mètre cube, sec	2566^k	2578^k	2573	2574	2582	2580	2495	2512	2504	2603	2605	2604
— imbibé d'eau	2596	2602	2601	2604	2610	2607	2546	2556	2550	2619	2621	2619
Porosité apparente		0,030			0,030			0,053			0,016	
Résistance à la rupture, en Kg $\overline{0.01}^2$												
4 cubes desséchés : 1res fissures	491	884		835	1125		575	860		541	1136	
— écrasement	837	1483	1106	1177	1263	1208	1009	1435	1174	1088	1309	1221
4 cubes imbibés d'eau : 1res fissures	672	1177		772	1086		376	828		734	966	
— écrasement	867	1283	1078	909	1164	1079	492	1141	924	876	1244	1035
Après gels et dégels :												
4 cubes desséchés : 1res fissures	674	1214		892	1044		443	1028		511	793	
— écrasement	844	1425	1146	1046	1238	1135	685	1215	995	750	958	873
4 cubes imbibés d'eau : 1res fissures	319	1099		783	1009		491	934		706	963	
— écrasement	489	1307	864	938	1157	1063	757	1235	1008	958	1228	1075
Coefficient d'élasticité à la compression :												
$\varepsilon = \frac{E\ (Kg\ mq)}{10^9}$ 1er prisme		5,06			4,82			3,30			5,75	
2e prisme		5,21			5,00			3,46			5,64	
Dilatation sur 1^m de longueur en microns (μ) :												
pour 100° centigrades		610 μ			620 μ			600 μ			590 μ	
Imbibition à saturation		90 μ			120 μ			80 μ			100 μ	



f1 — Ensemble — Élévation amont — 1mm

f2 — Arche centrale et arche intermédiaire — Élévation amont — 2mm

f3 — Coupe en long sur l'axe d'un anneau — 3mm

f4 — Coupe en travers à la clef d'une grande voûte — 3mm

Pour le sens des abréviations PT, L, MAV, MEV… voir Avertissement, page IV, n°

Piles de l'arche centrale

Pont amont

Élévations — 3ᵐᵐ

amont — aval

f_6

Coupe horizontale — 3ᵐᵐ sur xx de f_6, f_7

Axe du Pont amont

Axe du Pont aval

sur yy de f_6, f_7

Galets

Chaperon

Élévations — 1ᶜᵐ

de face — de côté

f_{10} — f_{11}

Pont aval

f_7 — Élévation aval — 3ᵐᵐ

f_{12} — Coupe de la doucine — 4ᶜᵐ

Culées

3ᵐᵐ

f_{13} — Élévation

f_{14} — Coupe en long sur l'axe d'un anneau

Galets

f_{15} — Coupe en travers sur zz de f_{14} et f_{16}

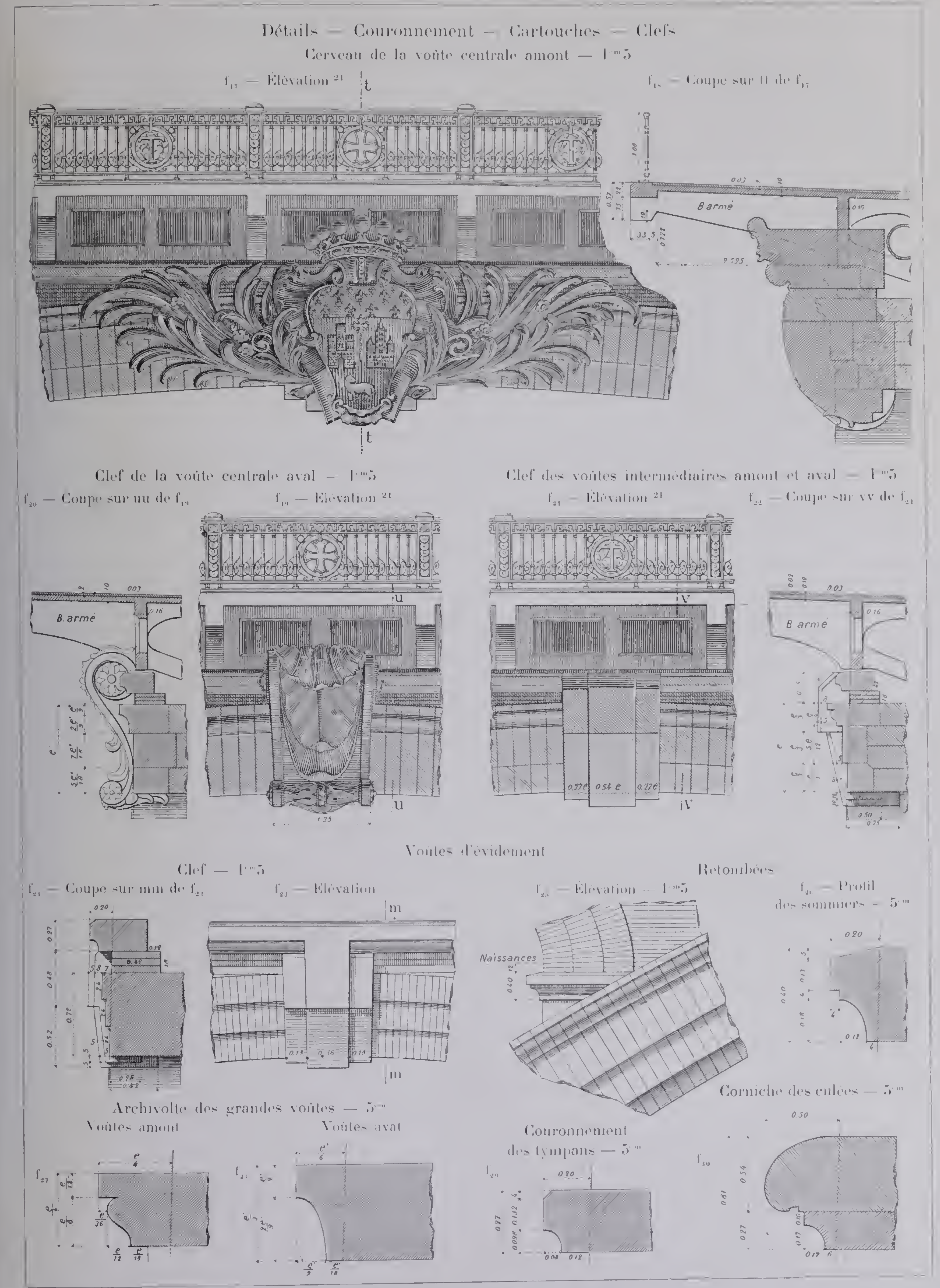
Axe du Pᵗ amont — Axe du Pᵗ aval

f_{16}

Demi-coupe horizontale sous la plinthe — Demi-plan supérieur, les maçonneries découvertes

Axe du Pont amont — Axe du Pont aval

Pour le sens des abréviations PT, L, ..., voir Avertissement, page IV, n° 6



21 — Le garde-corps, en fonte, sera peint en vieux bronze ; les croix de Languedoc et les lettres T (Toulouse) seront dorées

Dalle en béton armé

f_{15} — Grande entretoise P — 1^{cm}

Demi-élévation — Demi-coupe en long

Longerons — 2^{cm} (voir f_{15})

A — f_{11}

B — f_{12}

C — f_{13}

D — f_{14}

E — f_{15}

f_{16} — Petite entretoise H — 2^{cm}

Longerons — 2^{cm}

F — f_{16}

G — f_{17}

Grande entretoise P — 4^{cm}

Coupes en travers (voir f_{15})

1 — f_{37}

2 — f_{38}

4 — f_{40}

3 — f_{39}

Balanciers — 4^{cm}

f_{18} — Coupe sur xx de f_{19}

f_{19} — Demi-coupe sur yy de f_{18} — Demi-élévation

en brique blanche de Tarbes : les bandeaux des voûtes d'élégissement ;
en brique rouge de Toulouse[6] : leurs douelles et les tympans :
en béton de chaux : les massifs de fondation.

6. Mortiers.

A. - Ciment artificiel Vicat n° 1 à 600k.

Fondations :

des piles : couche de béton de 30c sur le sol ; couronnement des parafouilles et pavage du radier entre les massifs amont et aval ;

des culées : assise de moellons de 30c sur le sol.

Élévation :

Grandes voûtes ; voûtes d'élégissement en briques ; murs transversaux portant les poutres en béton armé (haut et bas).

Piles : chaperons (parements et corps), assises sous les chaperons.

Demi-piles contre les culées : parements et chaperons.

Culées : Voûte verticale en ellipse entre les deux ponts ; couronnement et parapet.

B. - Chaux Pavin de Lafarge, ficelle blanche : Toutes les autres maçonneries.

C. - Sable.

Maçonneries : Pour toutes les maçonneries, sable de la Garonne, à Toulouse.[6]

Béton de la dalle : le sable, meilleur, du Tarn à Moissac.[7]

7. Dalle en béton armé (Pl4, f3 à f19). — *A. - Grandes entretoises et longerons.* —

Sur l'axe des deux anneaux du pont, reposent, de 3m en 3m en moyenne, de grandes entretoises transversales P. Leur face supérieure suit la courbe de la chaussée ; leur face inférieure est en ventre de poisson.

Elles sont largement évidées.[8]

Il fallait une dalle légère sur ces légères voûtes.

6. — Cette brique est médiocre. On a, cependant, dû l'employer.

7. — Essais faits au Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussees (février 1906) sur du mortier plastique à 600k de ciment.

Sable de		Eau de gâchage %	Résistance moyenne par $\overline{0^m01}^2$ (moyenne de 6 essais)					
			à la compression			à la traction		
Toulouse	Moissac		à 7 jours	à 28 jours	à 84 jours	à 7 jours	à 28 jours	à 84 jours
1mc	»	12	163k	239k	284k	11k2	16k4	23k1
3/4mc	1/4mc	12,4	163	241	280	12,2	18,2	24,4
tamisé à 5mm								
1/2mc	1/2mc	11,7	217	296	351	13,2	19,2	25
tamisé à 5mm								
1/4mc	3/4mc	11,6	226	320	387	13,8	19,5	24,2
tamisé à 5mm								
»	1mc	11,4	251	349	410	14	19,5	24,4

8. — Par les évidements, passent des conduites d'eau et de gaz.

B. - Hourdis.

1° *sous chaussée.* — Il a 12^cm d'épaisseur.

Il est raidi, entre les grandes entretoises, par une petite (Il, f_{36}) et par les longerons.

Il est recouvert de 6 couches de coaltar, puis d'une forme en béton de ciment de 5^cm, puis d'un enduit en mortier de ciment de 1^cm, enfin des pavés en bois.

2° *sous trottoirs.* — Il a 8^cm d'épaisseur, et est recouvert de 13^mm de mortier de ciment, puis de 7^mm de mortier au carborundum[9] (1 volume de carborundum, 1 volume de ciment).

Φ_3



C. - Calculs. — La dalle portera deux voies d'un chemin de fer départemental et deux voies de tramway.

Les calculs ont été faits d'après les Instructions d'octobre 1906, avec les surcharges suivantes :

sur les trottoirs, 400^k par mq.

sur la chaussée, 2 locomotives de 40 tonnes et 3 files de tombereaux de 11 tonnes.

D. - Dilatation. — C'était une question fort délicate.

Au pont de Fontpédrouse, sur la ligne de Villefranche à Bourg-Madame (dalle

9. — Comme à des escaliers de stations du Métropolitain, à Paris.
Le carborundum est obtenu par la réaction du charbon sur la silice au four électrique.

légère de 4^m de largeur, 220^m de longueur), nous avons chaîné les tympans, engagé dans les maçonneries les consoles sous trottoirs, ancré solidement la dalle à ses deux extrémités.

La dalle de Toulouse a 22^m de large, 230^m de long, — un point haut au milieu qui la fixe.

Je n'ai pas osé l'ancrer aux culées : les matériaux auraient travaillé beaucoup plus par la température que par les surcharges.

Le mieux m'a paru de la poser, comme une poutre métallique, sur rouleaux ; à leur place, MM. Considère, Pelnard et Lossier, adjudicataires de la dalle, ont proposé le dispositif que voici (Pl_4, f_{48}, f_{49}) :

à l'appui, les grandes entretoises P sont percées d'un trou carré dans lequel passe une pièce T.

P s'appuie sur la face supérieure arrondie de T.

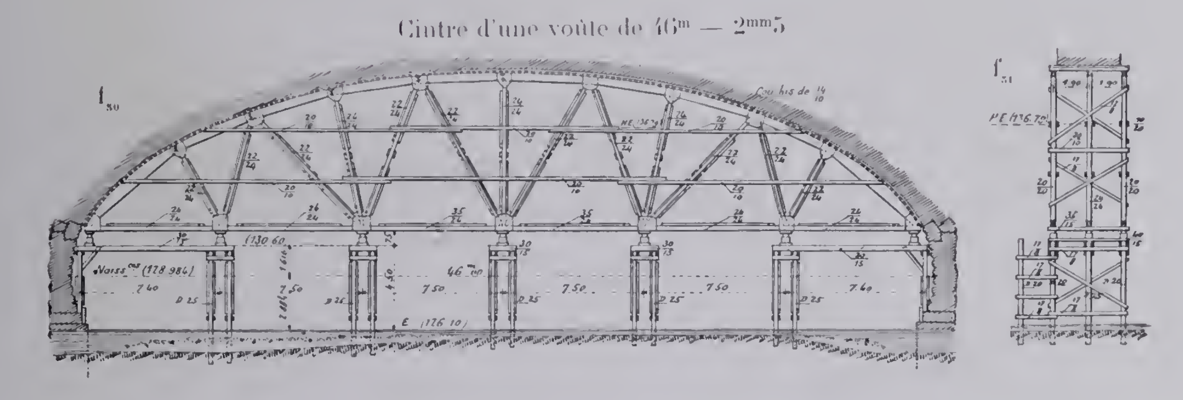
T est portée à ses extrémités par deux pendules R[10], arrondis en haut et en bas, verticaux pour la température de + 15°, permettant les mouvements de la dalle entre — 13° et + 43°.

8. Cintres.

A. - Type (f_{50}, f_{51}). — Celui du pont Antoinette.[11]

Cintre d'une voûte de 46^m — 2^mm5

f_{50}



f_{51}

B. - Mise en place des pieux (Φ_4, f_{52} à f_{53}). — Quand on y bat un gros pieu, le tuf de fondation s'étoile.

On y a, comme aux ponts de Lavaur[12] et Antoinette[11], foré des trous, puis descendu les pieux coupés normalement.

Voici comment on a opéré :

On fore à la tarière un trou de 30^mm, profond de 0^m75 ; on y engage un axe portant une roue à dents verticales. En tournant, les dents dégagent un noyau qu'on abat. On descend à frottement dur un manchon de tôle, puis, le pieu, sur

10. — En décembre 1909 on a essayé deux pendules au Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées. Les résultats seront donnés : 2me Partie, Livre I — Tome IV.

11. — Â^1 F^r (⩾ 40^m)^5 — Tome II.

12. — Â^1 F^r (⩾ 40^m)^4 — Tome II.

10cm de gravier. On l'entoure de menu gravier, et on y injecte un coulis de ciment.


Φ_4 — Mise en place des pieux du cintre — Forage des trous dans le tuf



Les pieux, ainsi placés, ont très bien résisté.

Quelques pieux isolés ont été arrachés par de fortes crues. D'autres, plus nombreux, ont été cassés au-dessus du manchon de tôle; la base est toujours restée en place.

Pour 305 pieux, la mise en place a coûté de 15f à 48f : en moyenne, 35f.

C. - Cube au-dessus des boites à sable.

	Voûte de : 46m	42m	38m50
d'une ferme — de rive	13mc18	10mc32	8mc07
d'une ferme — intermédiaire	18mc53	14mc67	11mc29
des trois fermes (C_1)	44mc89	35mc31	27mc45
des pièces communes : contrevents, platelage, couchis, voussure de la tête amont (C_2) — amont	18mc57	16mc96	15mc33
des pièces communes : contrevents, platelage, couchis, voussure de la tête amont (C_2) — aval	17mc32	15mc79	14mc29
Total ($C_1 + C_2$) — amont	63mc46	52mc27	42mc78
Total ($C_1 + C_2$) — aval	62mc21	51mc10	41mc74

D. - Prix de revient du mètre cube de bois.

	Voûte de 46^m		Voûte de 42^m R. D.		Voûte de 38^m50 R. D.	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Bois équarri et pieux........	94^f41	93^f26	96^f71	95^f31	96^f77	96^f01
Bois équarri seul............	75^f69	76^f20	78^f08	78^f55	79^f54	80^f23

Pour préparer, tailler, monter, démonter et enlever les 6 cintres, on a, en moyenne, par mètre cube, employé 17 heures et dépensé 9^f.

Φ. — Crue du 17 décembre 1906



9. Fondations. — A l'emplacement du pont, le lit est balayé par la chute du barrage du Bazacle, qui est à 360^m en amont. Sur les 2/3, le tuf est à nu : argile sableuse, marne avec veines de calcaire, amandes de sable agglutinées par places en mollasse.

Le tuf est incompressible, imperméable, lentement affouillable.

Comme on l'a dit plus haut, on n'y peut pas battre de gros pieux.

On a fondé par épuisements dans des batardeaux tenus par de vieux rails ou des barres de fer aiguisés.

Les crues de la Garonne sont hautes et courtes : on a donc fait des batardeaux bas, noyés pendant les crues.

A l'abri des batardeaux, on est descendu dans le tuf de 3^m55 à 5^m34 en contre-bas de leur pied.

On y a rencontré quelques veines perméables : on en conduisait l'eau à un puisard par de petites rigoles creusées dans le tuf.

A la pile n° 2 (amont), on trouva au fond une source jaillissante ; on la coiffa d'un tuyau en zinc, où elle s'éleva de 2^m20 ; on le maçonna.

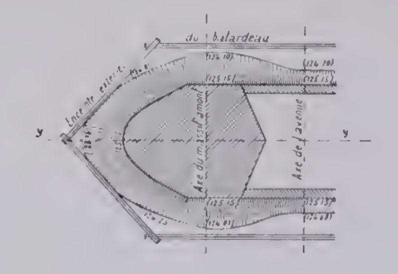
A la pile n° 3, le tuf était creusé de sillons remplis de gravier. Par là, l'eau arrivait à flots sous le batardeau. On y injecta avec succès du ciment à travers l'argile du batardeau.

Entre les piles amont et aval, le tuf est protégé par un radier maçonné, défendu latéralement par des parafouilles fondés aussi bas que les piles.

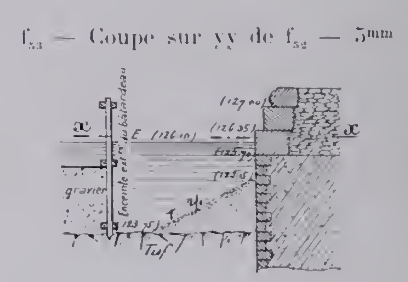
Le vide, entre le massif de fondation des piles et le tuf, a été rempli de ciment coulé sous pression ; de plus, tout autour des fondations de la pile n° 3, on a exécuté un glacis de béton de ciment (f_{52}, f_{53}).

Pile n° 3

f_{52} — Coupe horizontale sur xx de f_{53} — 2^{mm}



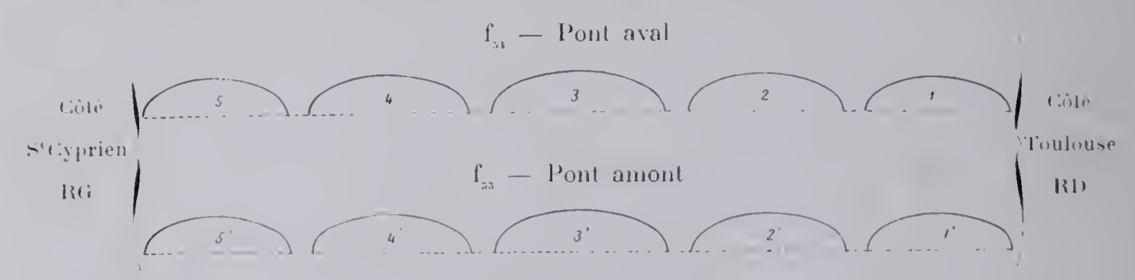
f_{53} — Coupe sur yy de f_{52} — 5^{mm}



10. Exécution des voûtes.

A. Nombre de cintres. — A chaque pont, on a employé 3 cintres :
1 et 1' transportés ensuite en 5 et 5' (f_{54}, f_{55}) ;
2 et 2' transportés ensuite en 4 et 4' ;
et 3 et 3'.

f_{54} — Pont aval



f_{55} — Pont amont

On a exécuté ensemble : d'abord les voûtes 1 et 1' ; puis 2 et 2' ; puis 3 et 3'.
On a décintré d'abord 1 et 1' ; ensuite 2 et 2', 3 et 3' étant clavées.
On a porté en 4 et 4' les cintres 2 et 2' ; puis, en 5 et 5' les cintres 1 et 1'.
On a exécuté les voûtes 4 et 4', puis 5 et 5'.

B. Mode d'exécution. — Chaque voûte a été construite en trois rouleaux, en suivant exactement la méthode employée au Pont de Lavaur [13].

C. Dimensions des rouleaux.

C_1 — *Nombre de moellons par rouleau.* — Le bandeau amont des voûtes amont, le bandeau aval des voûtes aval, ont un seul moellon à chaque rouleau.

Le corps des voûtes et les bandeaux intérieurs ont, aux reins, jusqu'à 11° de la clef, alternativement un et deux moellons par rouleau ; au cerveau, 1 moellon.

C_2 — *Epaisseur des rouleaux*

Voûtes de :					1ᵉʳ rouleau Epaisseur max.	1ᵉʳ rouleau Epaisseur min.	2ᵉ rouleau Epaisseur max.	2ᵉ rouleau Epaisseur min.	3ᵉ rouleau Epaisseur max.	3ᵉ rouleau Epaisseur min.
46ᵐ		amont	Bandeau amont		0ᵐ66	0ᵐ42	0ᵐ825	0ᵐ525	0ᵐ495	0ᵐ315
			Corps et bandeau aval	*Cerveau*	0 57	0,50	0,59	0,38	0,67	0,38
				Reins	1,03	0,57	0,78	0,59	0,78	0,67
		aval	Bandeau aval		0,863	0,42	0,863	0,42	0,863	0,42
			Corps et bandeau amont	*Cerveau*	0,56	0,50	0,58	0,38	0,67	0,38
				Reins	1,03	0,56	0,78	0,58	0,78	0,67
42ᵐ	rive droite	amont	Bandeau amont		0,64	0,403	0,80	0,504	0,48	0,303
			Corps et bandeau aval	*Cerveau*	0,54	0,49	0,55	0,36	0,65	0,36
				Reins	1,00	0,54	0,76	0,55	0,76	0,65
		aval	Bandeau aval		0,84	0,403	0,84	0,403	0,84	0,403
			Corps et bandeau amont	*Cerveau*	0,54	0,49	0,545	0,36	0,63	0,36
				Reins	1,00	0,54	0,76	0,545	0,76	0,63
	rive gauche	amont	Bandeau amont		0,64	0,403	0,80	0,504	0,48	0,303
			Corps et bandeau aval	*Cerveau*	0,58	0,49	0,54	0,36	0,66	0,36
				Reins	1,00	0,58	0,76	0,54	0,76	0,66
		aval	Bandeau aval		0,84	0,403	0,84	0,403	0,84	0,403
			Corps et bandeau amont	*Cerveau*	0,54	0,49	0,56	0,36	0,69	0,36
				Reins	1,00	0,54	0,76	0,56	0,76	0,69
38ᵐ,50	rive droite	amont	Bandeau amont		0,613	0,393	0,767	0.492	0,46	0,295
			Corps et bandeau aval	*Cerveau*	0,52	0,48	0,52	0,35	0,63	0,35
				Reins	0,97	0,52	0,73	0,52	0,73	0,63
		aval	Bandeau aval		0,81	0,393	0,81	0,393	0,81	0,393
			Corps et bandeau amont	*Cerveau*	0,50	0,48	0,52	0,35	0,64	0,35
				Reins	0,97	0,50	0,73	0,52	0,73	0,64
	rive gauche	amont	Bandeau amont		0,613	0,393	0,767	0,492	0,46	0,295
			Corps et bandeau aval	*Cerveau*	0,56	0,48	0,56	0,35	0,69	0,35
				Reins	0,97	0,56	0,73	0,56	0,73	0,69
		aval	Bandeau aval		0,81	0,393	0,81	0,393	0,81	0,393
			Corps et bandeau amont	*Cerveau*	0,54	0,48	0,56	0,35	0,69	0,35
				Reins	0,97	0,54	0,73	0,56	0,73	0,69

13. — Â¹ Fr (> 40ᵐ)⁴ — Tome II.

D. Renseignements sur l'exécution des voûtes autres que le prix de revient — Voûtes de :			Dates (1905-1906-1907) du commencement	Dates (1905-1906-1907) de la fin	Cube de maçonnerie (en mètres cubes) total	Cube de maçonnerie exécuté par journée de 10 heures de travail effectif : Cube maximum	Cube moyen exécuté par l'ensemble des maçons	Cube moyen exécuté par maçon	1 mc de maçonnerie de voûte a exigé : Heures [14] de maçons	Heures [14] de manœuvres	Poids de ciment (en kg)
46m	amont	1er rouleau	27 - III-06	7 - IV-06	107	15	11,4	1,4	7,04	4,05	99
		2e —	2 - V	9 - V	94	17	14,6	1,8	5,46	3,47	112
		3e —	9 - V	19 - V	112	14	11,0	1,4	7,31	4,18	133
		Total, moyennes	»	»	*313*	*16*	*12,0*	*1,5*	*6,66*	*3,92*	*115*
	aval	1er rouleau	15 - III	3 - IV	108	18	13,4	1,7	5,97	3,36	105
		2e —	6 - IV	17 - IV	92	23	14,6	1,9	5,40	2,78	117
		3e —	17 - IV	30 - IV	108	17	12,1	1,5	6,60	3,95	139
		Total, moyennes	»	»	*308*	*21*	*13,3*	*1,7*	*6,02*	*3,40*	*121*
42m	RD amont	1er rouleau	19 - I	5 - II	88	18	12,9	1,3	7,75	4,62	114
		2e —	16 - II	21 - II	80	23	15,9	2,0	5,02	3,61	128
		3e —	6 - III	17 - III	98	19	12,3	1,4	7,32	4,26	149
		Total, moyennes	»	»	*266*	*21*	*13,3*	*1,5*	*6,78*	*4,18*	*131*
	RD aval	1er rouleau	12 - I	27 - I	92	20	13,4	1,3	7,48	4,18	117
		2e —	5 - II	16 - II	75	19	16,6	2,1	4,80	3,45	135
		3e —	22 - II	7 - III	100	17	11,9	1,3	7,60	5,22	143
		Total, moyennes	»	»	*267*	*19*	*13,3*	*1,5*	*6,78*	*4,37*	*132*
	RG amont	1er rouleau	20 - X	9 - XI	90	12	8,4	0,9	10,75	6,11	119
		2e —	17 - XI	26 - XI	78	18	13,2	1,5	6,81	3,44	128
		3e —	11 - XII	26 - XII	98	14	9,9	1,1	9,12	4,32	156
		Total, moyennes	»	»	*266*	*15*	*10,0*	*1,1*	*9,00*	*4,67*	*135*
	RG aval	1er rouleau	10 - X	29 - X	90	13	9,3	1,3	7,51	5,58	107
		2e —	9 - XI	24 - XI	78	15	12,1	1,5	6,60	3,49	119
		3e —	26 - XI	28 - XII	99	11	9,1	1,0	9,92	5,18	159
		Total, moyennes	»	»	*267*	*13*	*9,8*	*1,2*	*8,11*	*4,82*	*130*
38m,5	RD amont	1er rouleau	23 - XI-05	14-XII-05	75	12	7,7	1,1	9,11	7,31	119
		2e —	18 - XII	23-XII	69	17	14,4	1,6	6,33	3,83	123
		3e —	2 - I - 06	12-I - 06	88	16	11,2	1,4	7,34	4,66	151
		Total, moyennes	»	»	*232*	*15*	*10,5*	*1,3*	*7,61*	*5,27*	*132*
	RD aval	1er rouleau	8 - XI-05	1-XII-05	77	11	6,4	1,1	9,35	6,75	120
		2e —	9 - XII	19-XII	70	17	9,5	1,4	7,37	5,23	124
		3e —	22 - XII	3-I - 06	86	15	8,7	1,1	9,24	5,01	142
		Total, moyennes	»	»	*233*	*11*	*8,0*	*1,1*	*8,72*	*5,65*	*129*
	RG amont	1er rouleau	8 - I - 07	28 - I - 07	77	11	7,8	1,1	8,92	5,00	127
		2e —	29 - I	11 - II	71	15	10,0	1,4	6,99	4,30	140
		3e —	23 - II	11 - III	84	13	9,0	1,3	7,76	4,02	149
		Total, moyennes	»	»	*232*	*13*	*8,8*	*1,3*	*7,91*	*4,43*	*139*
	RG aval	1er rouleau	26-XII-06	18 - I - 07	77	12	8,6	1,1	9,29	5,35	125
		2e —	19-I - 07	31 - I	70	16	12,2	1,5	6,54	3,76	127
		3e —	11-II	22 - II	86	13	11,2	1,4	7,15	5,03	155
		Total, moyennes	»	»	*233*	*11*	*10,4*	*1,3*	*7,67*	*4,76*	*137*

14 Non compris les heures du chef de chantier et celles occupées à fabriquer le mortier et à barder les matériaux.

11. Dépenses[15].

	Anneau amont	Anneau aval	Ensemble
Au-dessous des chaperons :			
Pile n° 1	19.892 f	19.414 f	39.306 f
— 2	23.893 f	22.946 f	46.839 f
— 3	30.416 f	27.395 f	57.811 f
— 4	20.675 f	19.746 f	40.421 f
Culées	27.195 f	27.742 f	54.937 f [16]
Chaperons des 4 piles	21.169 f	20.777 f	41.946 f
Voûtes de :			
46m	26.845 f	25.318 f	52.163 f
42m rive droite	21.588 f	21.628 f	43.216 f
— rive gauche	21.556 f	21.593 f	43.149 f
38m50 rive droite	18.723 f	18.820 f	37.543 f
— rive gauche	18.717 f	18.822 f	37.539 f
Cintres des grandes voûtes :			
au-dessous des boites à sable		24.068 f	60.210 f [17]
au-dessus —		36.142 f	
Installations et pont de service			66.549 f [18]
Culées à partir du dessous des chaperons			71.542 f [19]
Voûtes d'élégissement et leurs cintres ; tympans, murs transversaux			66.094 f
Plinthe sur les tympans			7.949 f
Dalle en béton armé			275.000 f
Pavage en bois (et enduits sur la dalle)			57.000 f
Garde-corps en fonte			42.000 f
Sculpture des cartouches aux clefs des voûtes de 46m			4.500 f
Total			1.145.714 f

15. — Non compris : frais de personnel, appareils de contrôle, essais, épreuves, maquettes, réfection d'une digue à la suite d'une crue, perrés sous les voûtes de rive, gravier et remblai derrière les culées, entre les murs en retour.

Y compris, pour réparation de dégats causés par les crues :
16. — 925 f 17. — 5.383 f 18. — 27.174 f 19. — 299 f.

Prix de revient du mètre cube de grande voûte	Voûtes de :									
	46m		42m				38m,50			
			RD		RG		RD		RG	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Main d'œuvre										
Exécution de la maçonnerie...	5f56	4f97	5f57	5f68	7f11	6f75	6f58	7f44	6f57	6f43
Fabrication du mortier........ (mélange et force motrice)	0 71	0 72	0 64	0 71	0 83	0 87	0 68	0 77	0 96	0 91
Bardage des matériaux,....... (y compris la force motrice)	3 22	2 83	2 34	2 35	2 98	3 75	2 67	3 47	3 20	3 26
	9f19	*8f52*	*8f55*	*8f71*	*10f92*	*11f37*	*9f93*	*11f68*	*10f73*	*10f60*
Fournitures										
Ciment artificiel Vicat n° 1....	7 81	8 19	8 93	8 97	9 20	8 83	9 01	8 77	9 45	9 29
Sable........................	0 38	0 40	0 43	0 44	0 45	0 43	0 44	0 43	0 46	0 46
Pierre de taille.............. (parements non compris)	13 36	11 34	10 31	10 90	10 31	10 90	10 17	10 85	10 17	10 85
Moellons équarris et d'appareil.	28 77	28 91	30 51	29 43	31 00	29 64	30 39	29 79	30 57	30 05
Parements des bandeaux...... (y compris tous ravalements et ragréements)	4 92	4 91	5 90	5 72	6 25	5 92	6 49	6 52	7 03	6 56
	55f24	*53f75*	*56f08*	*55f46*	*57f21*	*55f72*	*56f50*	*56f36*	*57f68*	*57f21*
Divers										
Assises à sec................. (y compris plomb, cales en chêne, chanvre, etc.	0 54	0 55	0 64	0 64	0 64	0,64	0 73	0 73	0 73	0 73
Taquets et coffrages...........	0 18	0 17	0 28	0 19	0 28	0 30	0 29	0 42	0 25	0 21
Liteaux en sapin dans les joints vus, calfatage des joints à l'extrados, spatules pour les clavages, rejointoiements...	1 19	1 17	1 61	1 37	1 44	1 12	1 72	1 57	1 25	1 36
Divers.......................	0 10	0 10	0 11	0 11	0 12	0 11	0 11	0 11	0 12	0 12
	2f01	*1f99*	*2f61*	*2f31*	*2f18*	*2f17*	*2f85*	*2f83*	*2f35*	*2f12*
Total [20]...	*66f71*	*64f26*	*67f27*	*66f51*	*70f61*	*69f26*	*69f28*	*70f87*	*70f76*	*70f23*

20. — Non compris :
outils, frais généraux et faux frais (environ 11 %) ;
pont de service, échafaudages, appareils, machines (environ 5 %).

12. Économie du pont en deux anneaux. — Le pont avait été mis au concours en 1901.

Le Jury, présidé par M. Résal, a alloué la première prime à un pont métallique à 7 travées de 35^m, le moins cher des projets présentés, 938.673 f; mais il conseillait de l'écarter comme trop indigent d'aspect et estimait à 200.000 f au moins « *le sacrifice à faire pour obtenir, au point de vue architectural, le minimum de* « *satisfaction.* »

Le plus économique des projets entièrement en béton armé, coûtait 1.200.000 f. Or, des piles en béton armé n'étaient pas acceptables dans la Garonne ; elle roule de gros galets durs, qui eussent bien vite usé le parement des piles et mis le fer à nu.

Le pont exécuté coûte 1.146.000 f soit, y compris le pavage en bois, 202 f le m. q. de surface horizontale entre parapets.

Par rapport à un pont « plein » en maçonnerie, ç'a été une économie de 300.000 f.

Il paraît coûter environ 200.000 f de plus que la poutre droite à travées de 35^m ; mais il a entre parapets 22^m au lieu de 16^m, soit $37 \frac{1}{2}$ % de plus, ses piles sont encastrées dans le tuf de 3^m en moyenne au lieu des 2^m prévus ; sa chaussée est pavée en bois et non empierrée.

On y a, d'ailleurs, dépensé quelque 80.000 f pour qu'il soit digne de Toulouse : (5 voûtes au lieu de 7, piles revêtues de pierre de taille, archivoltes, voussure, clefs, cartouches).

Enfin les crues ont coûté 34.000 f.

13. Personnel.

Ingénieurs :

Projet : M. Séjourné, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Exécution : Ingénieur en Chef, M. Séjourné,
Ingénieur, M. Lannusse,
Sous-Ingénieur, M. Boué,

Entrepreneurs :

Pont : MM. Murat frères.

Dalle en béton armé : MM. Considère, Pelnard et Lossier.
MM. Murat.

Garde-corps en fonte : Société A. Durenne.

Sculpture des cartouches : M. Fourès.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS CONDUITE D'EAU

(AQUEDUCS)

Série E^n aq ($\geq 40^m$)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CONDUITE D'EAU

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET ENSEMBLE *Longueur de l'ouvrage* Déclivité Hauteur maxima de l'ouvrage au-dessus du sol ou de l'étiage	 Largeur *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans	 GRANDES VOÛTES INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances*	 ÉPAISSEURS CORPS Clef *Milieu de la montée*	 TÊTES Clef *Reins*	 MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	 PRESSIONS en kg $\overline{0^m01^2}$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	 1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	3	3	4	5	6	7	8	9
de **Pont-sur-Yonne** *France* 1870-1873 **E**ⁿ aq ([illegible] 40m) 1 *156 arches* *Celle de 10m, en ellipse à 1/5 est entre 2 de 30m en ellipse, à 1/4*	*1195m 17* » 11m	*au cerveau :* *1m 60* *aux reins :* *5m* Pas de fruit	Ellipse **40m,00** *8m 00* $\frac{1}{5} = 0{,}20$ *50m* *3m 20*	**1m,10** **1m,18** après réfection du cerveau	1m,10 1m,18 après réfection du cerveau	Béton *Chaux 0mc 250* *Ciment 0mc 125*		1° 10 voûtes transversales vues en plein cintre, de 1m10 à 2m12(?) sur piles de 0m27 à 0m35 2° »

(AQUEDUCS)

SÉRIE E^n aq … 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D
FONDATIONS	GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses		MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg (0m01)² *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décintrement t_v après t''_v	Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4].
10	11	12	13	14	15	16	17	18
						1er décintrement		
Gravier	Retroussé sur 15m (marinier)				Béton pilonné par couches horizontales	8-9 novembre 1870	Fissures, écrasements. On refait la voûte.	
						2e décintrement		
»						19-20 décembre 1871	t'_v = 102mm Fissures, écrasements. On refait la voûte	
						3e décintrement		
»						3 août 1872	Fissures. $t'_v + t''_v$ (29 août) 47mm On refait la voûte	
						4e décintrement		
Béton immergé						1er avril 1873	t'_v = 1mm t''_v = 7mm	

Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.

3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES
SOUS CONDUITE D'EAU (AQUEDUCS)

SÉRIE E^n_{aq} (= 40m)

MONOGRAPHIES

PONT-AQUEDUC SUR LA VALLÉE DE L'YONNE
PRÈS DE PONT-SUR-YONNE[1] *(YONNE)*

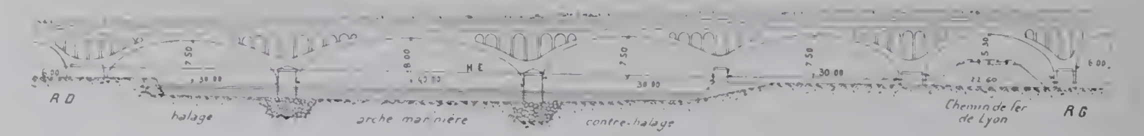
1870–1873 E^n_{aq} (= 40m) 1

Φ_1 (S_2)



1. — A 2^k6 environ en amont de la station de Pont-sur-Yonne (ligne de Paris à Dijon).

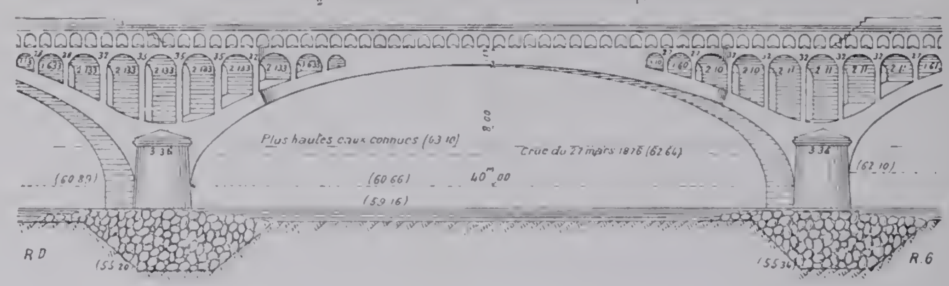
f₁ — Ensemble des grandes arches [2] — 0mm75



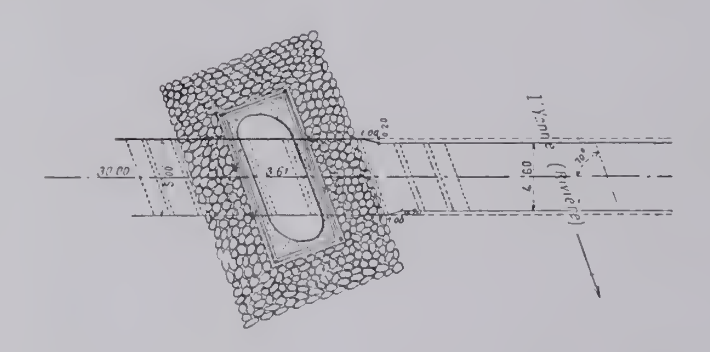
Arche de 40m



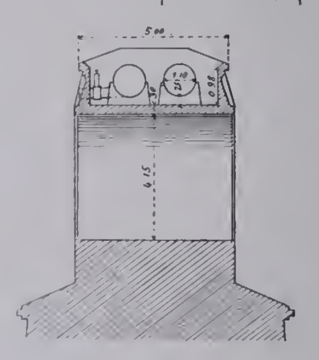
f₂ — Élévation — 2mm (S₁)



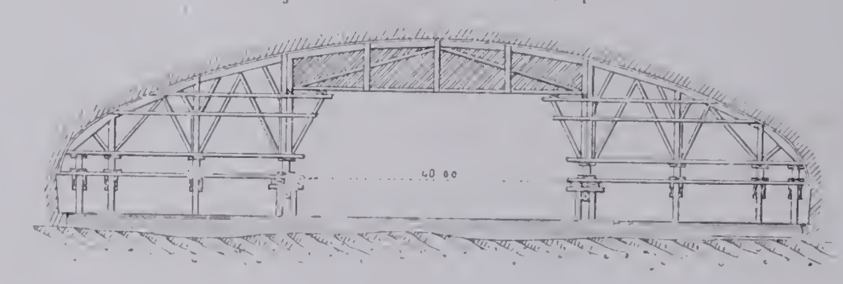
f₃ — Coupe horizontale — 2mm (S₁)



f₄ — Coupe en travers sur l'axe d'une pile — 4mm (S₁)



f₅ — Cintre — 2mm5 (S'₁)



2. — Ville de Paris. — Service technique des Eaux et de l'Assainissement — *Atlas de la dérivation des Sources de la vallée de la Vanne*, MCM, Pl. 12.

1. Ensemble de l'ouvrage. — L'eau dérivée de la Vanne, pour alimenter Paris, traverse la vallée de l'Yonne dans deux tuyaux portés par un pont de 156 arches en « *béton aggloméré Coignet* » : 150 ont de 6 à 12^m d'ouverture, 2 ont 22^m60, 3 ont 30^m et une a 40^m [3].

2. Quelques observations. — La largeur entre têtes de la voûte de 40^m, qui est de 5^m aux reins, est réduite par un pan coupé à 4^m60 au cerveau.

Tout l'ouvrage est enduit d'un badigeon, jadis blanc.

Sur ce pont, biais à 70°, les voûtes d'élégissement tombent mal ; plusieurs sont fendues à la clef ; des piédroits sont cassés à leur pied.

3. Fondations. — Les piles sont fondées sur béton immergé dans une enceinte, sur le gravier, à 2^m70 environ au-dessus de la craie [4].

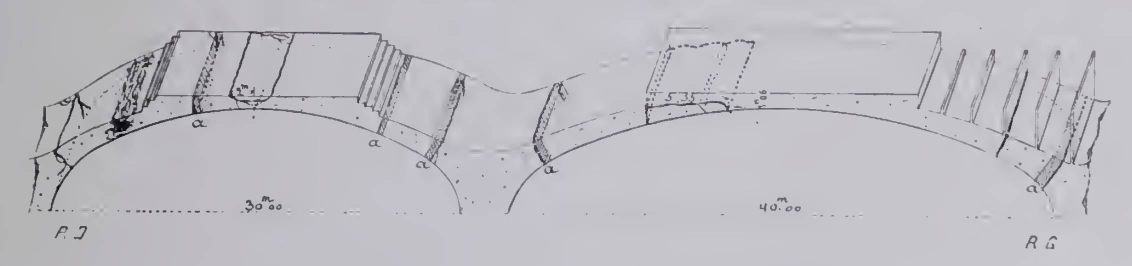
4. Exécution des grandes voûtes. — Le béton a été pilonné par couches horizontales (S''_1) ; je n'en ai pas retrouvé le dosage. Celui du mortier était, pour la voûte de 40^m, de 4 volumes de sable, 1 volume de chaux, et 1/2 volume de ciment.

On ménagea des vides en forme de voussoirs (*a* de f_6) que l'on ferma « *en* « *béton spécial d'une qualité supérieure* » (S'_1).

5. Premier décintrement (8 et 9 novembre 1870). — On décintra, ces jours-là, la voûte de 40^m et sa voisine de rive droite.

Elles se fendirent, s'écrasèrent (f_6) (S'_1).

f_6 — Fissures et écrasements à la suite du 1er décintrement — $1^{mm}8$



En 1871, on les démolit, puis on les reconstruisit, le béton étant toujours pilonné par couches horizontales (S''_1).

On ménagea cette fois à la voûte de 40^m, non plus deux, mais 13 « *claveaux* » en « *béton spécial* » (*a* de f_7) (S''_1).

3. — *Loc. cit.*, *renvoi* 2. Pl. 10. 11. 12.

4. — Explorations au scaphandre faites en février 1872 et sondages faits en mars 1872 (*Notes du Conducteur à l'Ingenieur* : 22 février 1872, 14 mars 1872) (S_1).

6. Deuxième décintrement (19 et 20 décembre 1871). — Le 19 décembre, deux mois seulement après la mise en place du béton, lequel n'était pas encore sec (S''_1), on décintra les deux voûtes de 30^m rive gauche. Elles tassèrent de 12 à 18^{mm}.

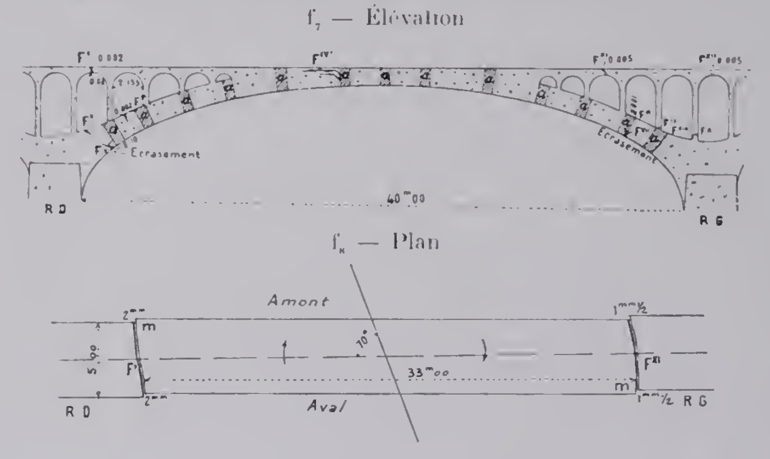
Le 20, on décintra, le matin, celle de 30^m rive droite (reconstruite), qui tassa de 10^{mm} ; puis, le soir, celle de 40^m (reconstruite).

Elle tassa de 102^{mm}, pendant que la voûte adjacente rive droite, décintrée le matin, se relevait de 80^{mm}.

Mais, en même temps, s'ouvraient la clef et les reins de la voûte de 40^m, et aussi son tablier (fissures F de f_7 et f_8). La voûte paraissait tourner autour de la verticale du centre dans le sens des flèches (f_8), les joints *m* saillant sur les tympans de 2^{mm} environ.

Fissures et écrasements à la suite du 2e décintrement — 2^{mm}

f_7 — Élévation

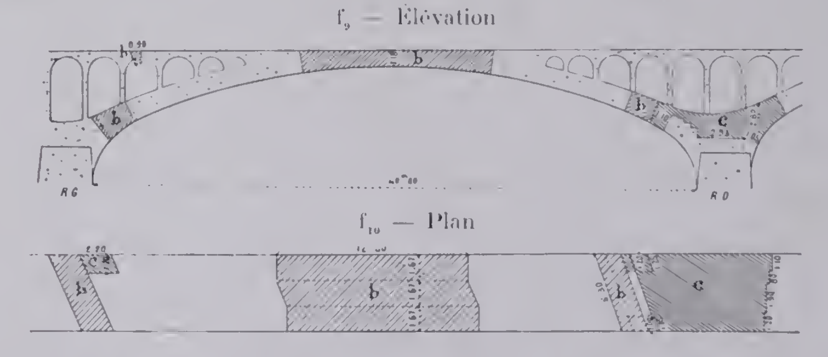


f_8 — Plan

On cala la voûte sur son cintre, et, en avril et mai 1872 (S''_1, S'''_1), on refit, en maçonnerie de meulière et mortier de ciment à 1/3 en volume (S''_1), les parties épaufrées (*b* de f_9, f_{10}) (S'''_1).

Réfections à la suite du 2e décintrement *(parties* b*)* et du 3e *(parties* c*)* — 2^{mm}

f_9 — Élévation

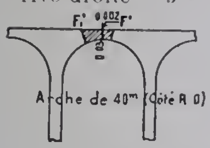


f_{10} — Plan

Puis, les 1er et 2 août, on battit une seconde enceinte de palplanches sur trois côtés à la pile rive droite de la voûte de 40^m, et on coula du béton entre les deux enceintes (S''_1).

7. Troisième décintrement (3 août 1872) (S''$_1$). — Ce même jour-là, on décintra la voûte de 40m et ses deux voisines.

f_{11}
Fissures du tablier de l'arche de 40m au-dessus de la pile rive droite — 5mm



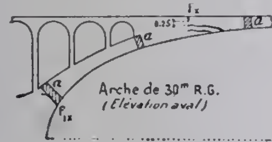
On constata une fissure à la clef de la voûte de 40m.

Le tablier, qui s'était fendu en F' (f_{11}) au deuxième décintrement, s'ouvre en F'$_1$ à la séparation de la meulière et du béton (S''$_1$).

Le 5 août, la pile rive gauche est inclinée de 5mm6 aux naissances vers l'arche de 30m, dans laquelle s'ouvrent de nombreuses fissures; pour l'arrêter, on charge de 22 tonnes le cerveau de cette voûte.

Les fissures s'ouvrent le matin et se referment le soir; elles s'ouvrent moins à l'amont, qui est au Levant, qu'à l'aval.

f_{12} — Fissures de la demi-voûte de 30m rive gauche, du côté de la voûte de 40m 2mm



« *L'affaissement de la grande voûte peut être attribué* « *au mauvais état de la voûte rive gauche*[5] » (S''$_1$) ; le 26 août, on constate que « *par suite de délitements* « *horizontaux et de la fissure verticale* f_x, *la partie* « *intacte de cette voûte se trouve réduite à* 0m25 » (f_{12}) (S''$_1$).

A. — Tassements [*abaissements* (+) ; *relèvements* (−)].

Dates 1872	Voûte de 30m rive gauche (contre-halage)		*Voûte de 40m (marinière)*		Voûte de 30m rive droite (halage)		Heures des observations
	Partiels	Cumulés	*Partiels*	*Cumulés*	Partiels	Cumulés	
Août							
3 (3e décintrement)	− 8mm	− 8mm	*+ 18mm*	*+ 18mm*	− 5mm	− 5mm	De 10 h. (avant le décintrement) à 3 h.
6	+ 1	− 7	*+ 12*	*+ 30*	+ 2	− 3	10 h.
8	0	− 7	*+ 5*	*+ 35*	− 1	− 4	8 h. 1/2. A 11 h., mêmes résultats.
9	0	− 7	*+ 1*	*+ 36*	+ 1	− 3	5 h. 1/2 soir.
12	+ 3	− 4	*+ 4*	*+ 40*	+ 1	− 2	9 h.
12	− 3	− 7	*− 4*	*+ 36*	− 2	− 4	3 h.
14	+ 2	− 5	*+ 2*	*+ 38*	+ 2	− 2	6 h. soir.
16	− 1	− 6	*− 1*	*+ 37*	0	− 2	
19	0	− 6	*0*	*+ 37*	− 1	− 3	
20	− 1	− 7	*− 1*	*+ 36*	− 1	− 4	
26	+ 2	− 5	*+ 9*	*+ 45*	+ 1	− 3	7 h. matin.
26	− 2	− 7	*− 4*	*+ 41*	− 1	− 4	2 h.
29	+ 3	− 4	*+ 6*	*+ 47*	0	− 4	2 h.
30	0	− 4	*0*	*+ 47*	− 4	− 8	10 h. La grande voûte est calee à la clef.
Septembre							
2	− 7	− 11	*− 1*	*+ 46*	0	− 8	4 h. La grande voûte est sur cintre ; celle de rive gauche l'est en partie.
4	− 2	− 13	*− 2*	*+ 44*	0	− 8	2 h.

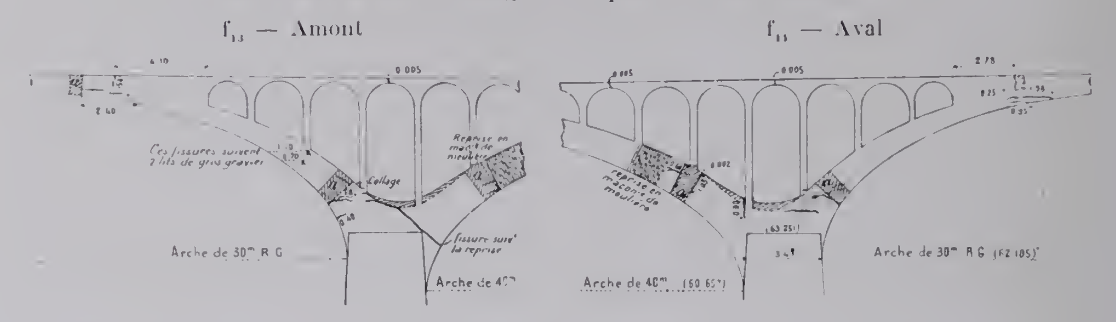
5. — La voûte de 30m rive droite (halage) est bien pilonnée et composée de béton assez riche (5-1-1/2). Celle de 30m rive gauche (contre-halage) est faite d'un béton moins riche (4-1-1/2) et est moins soignée : on y trouve de nombreuses poches de gros sable (S''$_1$).

On décida alors de refaire en meulière à ciment les mauvaises parties des voûtes de 40m et de 30m rive gauche, après les avoir calées sur leurs cintres remontés.

Voici, avant cette nouvelle réfection, l'état de leurs reins (S'''$_1$) :

Voûtes de 40m et de 30m rive gauche après le 3e décintrement — 3mm

f_{13} — Amont f_{11} — Aval



Les fentes K (f_{13}) se sont produites en septembre 1872, quand on a démoli le béton ; les autres avaient été constatées le 29 août.

Les fissures horizontales paraissent résulter du pilonnage par couches horizontales[6].

On refit en meulière, du 16 septembre au 30 décembre 1872, les parties *c* des croquis f_9, f_{10} (S'''$_1$) ; les parties *b* avaient été refaites après le décintrement de 1871.

8. Quatrième décintrement (1er avril 1873). — Cette fois, on ne constata pas de nouvelles fissures.

Voici les tassements à la clef[7] :

	Face amont	Face aval
1er avril. — Premier abaissement du cintre	0	1mm
Du 1er avril au 1er mai	7mm	7mm
1er mai. — Deuxième abaissement du cintre	0	0
Du 1er mai au 5 juin	2mm	0

6. On en constata, le 4 septembre 1872, à la voûte de 22m60 du même ouvrage, sur le chemin de Villeperrot, *laquelle est entre deux piles-culées* (f_{15}, f_{16}) (S'''$_1$).

Fissures au cerveau de la voûte de 22m60 — 1mm5

f_{15} — Amont f_{16} — Aval

7. — Note du Conducteur (S_1).

En résumé, la voûte de 40m a été refaite trois fois.

On y avait accumulé toutes les difficultés (S_2) :

1° — le pont est biais à 70° ;

2° — les piles étaient mal fondées, béton immergé sur gravier mal dragué ;

3° — elles étaient entre deux arches inégales, 30m et 40m, à naissances dénivelées de 1m45. Leur épaisseur était réduite au 1/11e de la portée.

4° — le béton, employé là pour la première fois en grande voûte, avec mortier bâtard (chaux et ciment peut-être mal mélangés), était pilonné par couches horizontales.

5° — enfin, pour une voûte en ellipse de 40m surbaissée au 1/5e, on avait réduit l'épaisseur à la clef à 1m10.

5. Personnel.

Ingénieurs :

M. l'Inspecteur Général Belgrand, Directeur des Eaux et des Égoûts de Paris.

M. Humblot, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Entrepreneur : M. Prégermain.

SOURCES :

S_1. — Archives du Service technique des Eaux et de l'Assainissement de Paris, qu'a bien voulu mettre à ma disposition M. Colmet-Daage, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur du Service,

en particulier :

S'_1. — « *Dessin... des cassures à la suite du décintrement des 8 et 9 novembre 1870* », 2 février 1871, Signé : Maréchal, Conducteur.

S''_1. — « *Rapports journaliers du Conducteur... sur le décintrement des 4 arches en rivière et sur les faits qui ont suivi ce décintrement* » (du 3 août au 21 août 1872, puis jusqu'au 4 septembre) Signé : Braye.

S'''_1. — « *Dessin des parties des Voûtes du Pont sur l'Yonne, qui ont été refaites en maçonnerie de moellons bruts de meulière et mortier de Ciment de Portland* », 25 avril 1874, Signé : Braye.

Dans son ouvrage : « *Les travaux souterrains de Paris. 1re partie : Les Eaux. — 2e Section : Les Eaux nouvelles* », M. Belgrand donne, pages 206 et 207, une photographie du Pont et, dans l'Atlas, quelques dessins, Pl. 34.

S_2. — Ce que j'ai vu — juillet 1908.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $E^{n}F^{r}$ ($\geqslant 40^{m}$)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	 Largeurs entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	 GRANDES VOÛTES INTRADOS Portée / *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances*	 ÉPAISSEURS CORPS Clef / *Milieu de la montée*	 TÊTES Clef / *Reins*	 MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	 PRESSIONS en kg / $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	 1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATI[...] DES TÊT[...]*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
sur la **Big Muddy River** *États-Unis* 1901-1903 E^n F^r $(> 40^m)$ 1 *3 voûtes égales*	*175m 11* 4mm 18m50	9m245 *10m 058* Pas de fruit 1m37 de l'extrados au rail	Ellipse **42m,672** *9m 144* $\frac{1}{4,667} = 0{,}214$ *49m 784* *3m 919*	1m,324 *3m,16* *environ*	1m,324 *3m,16* *environ*	Béton de ciment à 1-2-5 Ciment de La Salle (Illinois) Résistance à la traction, à 1 pour 3 de sable normal : 15k à 7 jours 21k à 28 jours Durée de prise : 3h	avec surcharge sur toute la portée : 9126k par m. ct Pression Max. / Moy. Clef 45k5 / 23k3 Reins 11k6 / 8k avec surcharge sur la demi-portée opposée : 9946k par m. ct Pression Max. / Moy. Clef 47k7 / 23k9 Reins 13k0 / 10k3	1° Entre les [...] de 2 arc[...] voisines, 9 voûtes transversal[...] 8 vues, 1 masqué[...] par un pilast[...] en plein cintr[...] de 3m962. en béton ar[...] sur piles de 0m609 en béton ar[...] 2° *Archi[...]*

FONDATIONS …ture du sol Profondeur …us l'étiage Pressions sur le sol kg (0m01)² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	FERMES Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	Cube de bois Poids de fer Dépenses par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Voûte Nord							
Argile »	Fixe *Bois* Coins	9 25c *1* 1m 225 *38mm*			Béton pilonné par tranches	» *178 jours* 19 janvier	t_c 42mm7 tête: ouest / est t'_v 70mm 1 / 67mm	D = environ 647 500f (les anciennes fondations conservées) $D : S_p$ = 400f 21 D : W = 27f 14
	Voûte centrale							
»	Retroussé *Bois* Coins	9 25c *1* 1m 225 *103mm*	On a pris 5 fermes à une voûte de rive, 4 à l'autre, pour faire le cintre de l'arche centrale.		— id. —	» *11 jours* 15 janvier	tête: ouest / est t_c 54mm / 42mm 7 t'_v 21mm 3 / 24mm 4	
	Voûte Sud							
Pilotis …s des pieux noyées …ns du beton	Comme à la voûte Nord	9 25c *1* 1m 225 *26mm*			— id. —	» *102 jours* 15 janvier	t_c = 33mm5 t'_v 27mm4	

…ur le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.

3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. …) — C'est la surface offerte à la circulation.

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $E^n F^r$ ($\geqslant 40^m$)

MONOGRAPHIES

PONT SUR LA BIG MUDDY RIVER *(Illinois — ÉTATS-UNIS)*

Ligne de Chicago[1] à la Nouvelle-Orléans (Illinois Central Ry)

1901-1903 $E^n F^r$ ($\geqslant 40^m$) 1

1. Historique. — Les fondations avaient été exécutées pour deux voies ; les maçonneries en élévation, pour une.

Quand, en 1901, on dut poser la seconde, on ne put conserver les trois travées trop faibles pour les nouvelles machines, et on adopta trois arches en béton de 42^m672, reposant sur les anciennes fondations élargies et consolidées.

2. Epaisseur à la clef. — La formule empirique de Mr J. M. Rankine pour les ponts à plusieurs arches[2] donnait ici : 1^m60.

On a pris 1^m524 seulement, parce que le cerveau de la voûte est renforcé par le béton du tympan : les deux voûtes d'évidement du dessus de la clef s'arrêtent, en effet, à 1^m524 en arrière des têtes, le reste est plein.

3. Extrados. — C'est une ellipse qui, prolongée, serait tangente à la face extérieure de la pile.

Sa demi-portée est donc :

$$\frac{42^m672}{2} \text{ (demi-portée de l'intrados) } + 6^m553 \text{ (épaisseur de la pile) } = 27^m889.$$

4. « Matériau » des grandes voûtes. — Après études comparatives, on a adopté pour les grandes voûtes le béton de ciment, comme vite fait et un peu moins cher que le béton armé et que le métal.

1. — A 304 milles de Chicago, à 3 milles de la station de Carbondale.

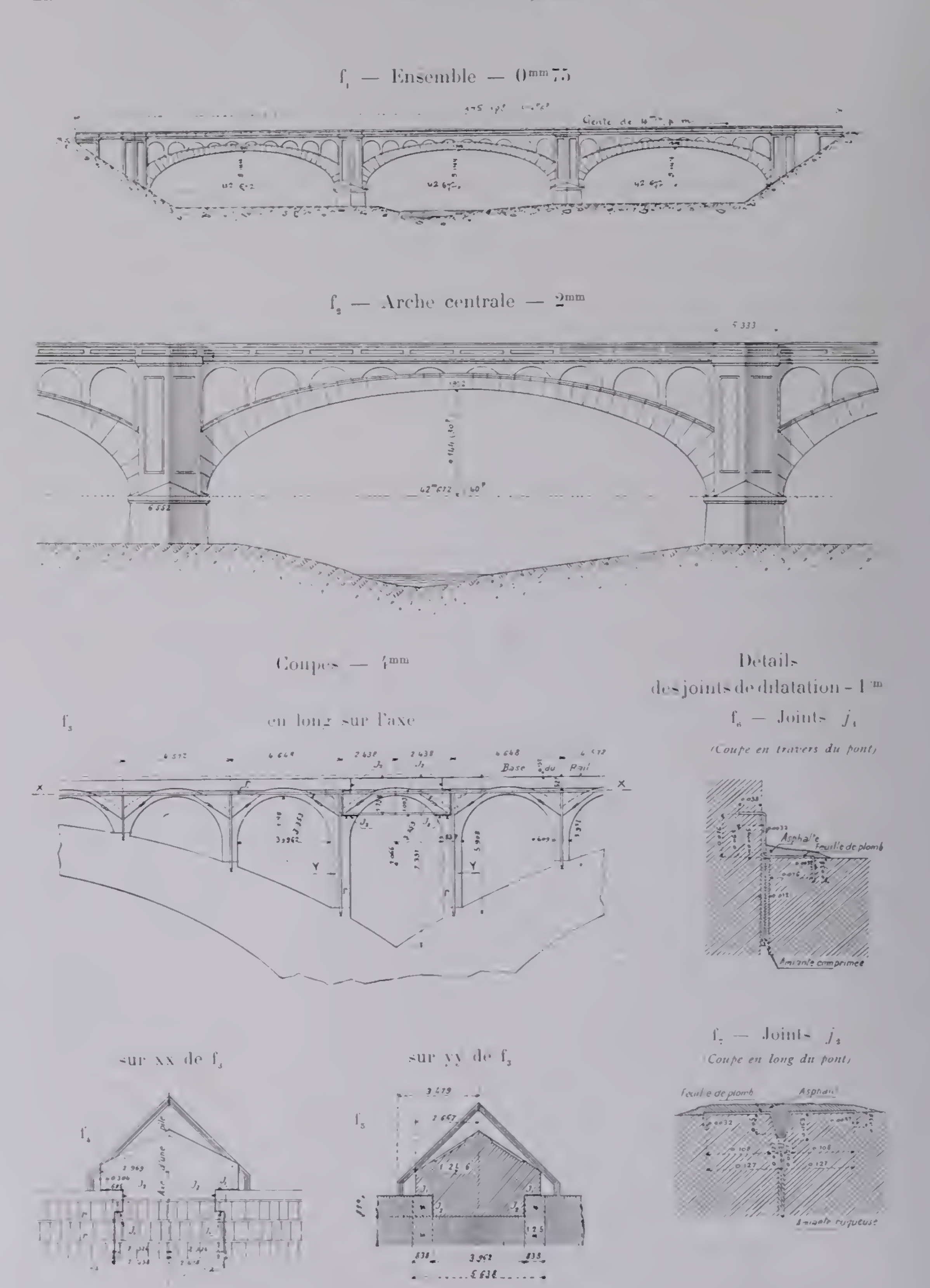
2. — e_0 (épaisseur à la clef, en pieds) $= \sqrt{0{,}17\ \rho_0 \text{ (rayon de courbure à la clef, en pieds)}}$

soit, en mètres : e_0 (en mètres) $= \sqrt{0{,}17 \times 0{,}3048 \times \rho_0 \text{ (en mètres)}} = 0{,}227 \sqrt{\rho_0 \text{ (en mètres)}}$

Pour les ponts à une seule arche, M. Rankine donne :

e_0 (en pieds) $= \sqrt{0{,}12\ \rho_0 \text{ (en pieds)}}$

soit : e_0 (en mètres) $= 0{,}191 \sqrt{\rho_0 \text{ (en mètres)}}$


f1 — Ensemble — 0mm75
f2 — Arche centrale — 2mm
Coupes — 4mm
f3
en long sur l'axe
Base du Rail
Détails
des joints de dilatation - 1cm
f6 — Joints j1
(Coupe en travers du pont)
Asphalte
Feuille de plomb
Amiante comprimée
sur xx de f3
f4
sur yy de f3
f5
f7 — Joints j2
(Coupe en long du pont)
Feuille de plomb
Asphalte
Amiante rugueuse

On a augmenté le dosage, là où le béton était soumis à des efforts de sens contraires.

5. Voûtes d'évidement. — Par rapport à un remblai entre murs pleins, les voûtes d'évidement ont diminué de 6 tonnes la charge sur chaque pilotis, et ont augmenté légèrement la dépense.

Φ_1[3]



6. Armature des voûtes d'évidement, des plinthes et des parapets (f_3, f_4, f_5). — Les rails *r* sont assemblés en travers par des tiges qui les traversent, et, bout à bout, par des éclisses qui laissent un peu de jeu pour la dilatation.

7. Joints de dilatation (f_6 à f_7). — On a ménagé des joints longitudinaux j_1 et transversaux j_2, masqués en élévation : deux au-dessus de chaque pile, un à chaque culée.

Ils ont 12^{mm} d'épaisseur à la température ordinaire (S_1).

On a fourré les joints j_1 d'amiante comprimée permettant le glissement mutuel des deux surfaces, les joints j_2 de plusieurs feuilles d'amiante brute, élastique.

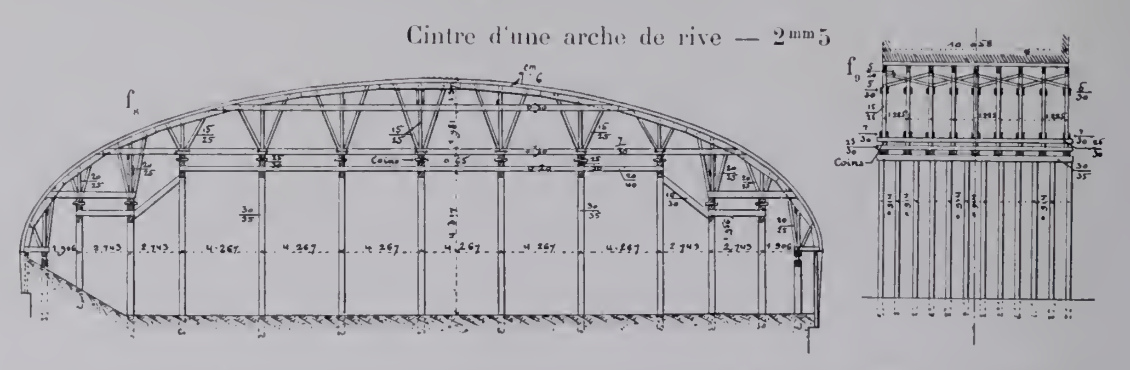
Le haut des joints est fermé par une feuille de plomb recouverte d'asphalte.

3. — Cliché de M. Christie, Expert-Photographe, à Chicago.

Les fers transversaux traversent j_1 dans des tuyaux : le tablier est ainsi maintenu en travers, tout en pouvant se mouvoir en long.

8. Cintres (f_8, f_9). — On a construit d'abord les deux arches de rive sur des cintres à 9 fermes ; puis, après clavage, on retira une ferme sur deux à chaque cintre, 5 à l'un, 4 à l'autre, en tout 9, qui constituèrent le cintre de l'arche centrale.

Cintre d'une arche de rive — 2mm5



Le milieu du cintre fut appuyé, non comme aux deux autres sur palées en bois (f_8, f_9), mais sur 5 travées métalliques de 18m29.

9. Reprise et consolidation des anciennes fondations.

A. – Piles. — Les piles et culées de l'ancien pont étaient fondées sur pieux battus dans l'argile.

On battit, tout autour, des pieux de chêne de 9m14 à 10m67 ; on les coiffa de béton descendu de 1m20 à 4m au-dessous des anciennes maçonneries.

B. – Culée Nord. — Elle était fendue : sa face antérieure s'était déversée vers la rivière. Des pieux recépés trop haut et le grillage en chêne placé dessus étaient pourris : on battit des pieux devant l'ancien massif, et on enleva, par petites quantités, l'argile sous la culée, en la remplaçant par du béton pilonné, dans lequel on noya des morceaux de rails.

Pendant ce travail, la culée continua à tasser de 20 à 25cm. Quand on arriva au niveau de l'ancienne fondation, elle ne tassa plus.

C. – Culée Sud. — On enleva l'argile et la terre sous le grillage ; on les remplaça par du béton ; on élargit la fondation.

10. Exécution des grandes voûtes. — On construisit d'abord les tranches 1 (f_{10}) : puis on installa les cloisons séparant les autres tranches, et on les exécuta dans l'ordre des nombres du croquis f_{10}.

On soutint les tranches 4 pour les empêcher de glisser.

Le béton était légèrement pilonné[1].

Chaque tranche, en bandeau et en douelle, était limitée par des liteaux triangulaires : on adoucissait ainsi des arêtes qui auraient pu s'épaufrer sous la pression.

1. — « *Very little ramming was necessary to bring it to the quaking condition* » (S_2, p. 428).

Au milieu de l'intervalle entre les joints de tête ainsi formés, on en simulait d'autres : le bandeau paraît divisé en voussoirs de 1m22 (Φ_1, f_2).

f_{10} — Coupe en long — 2mm

Des liteaux, cloués sur les cloisons transversales, créaient, sur les surfaces de séparation des tranches, des rainures horizontales en saillie et en creux destinées à les bien lier (f_{10}).

On a recouvert les surfaces vues d'un crépi de mortier plus fluide, de 37mm d'épaisseur.

Comme on l'a vu plus haut, on a clavé les deux voûtes de rive, puis enlevé la moitié de leurs fermes, c'est-à-dire qu'on les a réellement décintrées, le cintre de la voûte centrale n'étant pas en place.

Les piles seules contre-butaient alors leur poussée : on a constaté un déversement de la pile nord.

11. Décintrement. Tassements.

	Voûtes					
	Nord		Centrale		Sud	
Dates :						
du clavage	25 juillet 1902		5 décemb. 1902		5 octobre 1902	
du desserrage des coins à la voûte Nord	8-15 août 1902		»		»	
du décintrement complet	19 janvier 1903		15 janvier 1903		15 janvier 1903	
	Tête		Tête		Tête	
	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est
Tassements, en *m.m.* à la clef :						
des cintres, pendant le bétonnage des voûtes	42,7	42,7	54,9	42,7	33,5	33,5
des voûtes :						
pendant l'enlèvement de la moitié des fermes	0	0	»	»	27,4	21,3
depuis le décintrement partiel jusqu'après le décintrement total	70,1[a]	67[a]	21,3	24,4	27,4	27,4
totaux, depuis le commencement du bétonnage	112.8	109.7	76,2	67,1	88,3	82.2
Surhaussements, en m.m., donnés aux cintres	38,1	38,1	106,6[b]	100,6[b]	24,4	27.4

a. Tassement total de l'arche Nord, du clavage (25 juillet 1902) au décintrement complet (19 janvier 1903) y compris les variations de température (50° à 70° Fahr.)

b. On avait surhaussé davantage le cintre de l'arche centrale, en vue d'un tassement probable de la pile Nord sous le poids de la voûte centrale : cette pile paraissant avoir déjà cédé sous la poussée de l'arche Nord.

12. Mouvements produits par la dilatation. — On a placé contre les plinthes, en travers de chaque joint de dilatation j_2 (f_{10}), des règles en laiton munies d'un vernier permettant d'apprécier $0^{mm}3$.

Du 20 janvier au 23 mai 1903, à la plinthe Ouest de l'arche Nord, on observa des allongements de :

$2^{mm}1$ au-dessus de la culée ;

$1^{mm}5$ au-dessus de la pile ;

$3^{mm}6$ en tout.

Pendant plus d'un mois, on ne constata aucun mouvement vertical.

13. Personnel.

Ingénieur : *Projet et Direction des travaux :* M. H. W. Parkhurst, « Engineer of Bridges and Buildings, Illinois Central R.R. », Chicago.

Entrepreneur : M. G. H. Scribner Jr, de Chicago.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution qui m'ont été gracieusement adressés par M. A. S. Baldwin, Ingénieur en chef de l'Illinois Central, à Chicago.

S_2. — Engineering News, 12 novembre 1903, p. 423 à 429 : « *Concrete bridge over the « Big Muddy River, Illinois Central R. R.* », M. H. W. Parkhurst, M. Am. Soc. C. E.

Les dessins sont réduits de S_1.

Tout ce qui n'est pas spécifié de S_1 est de S_2.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE SURHAUSSÉE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

Série $\mathbf{E}^{l}_{h}\,f^{r}_{(\ \ 40^{m})}$ [1]

1. Pour le sens de ce symbole, voir Préliminaires, p. 3 et 4

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT - Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE		PROJET — GRANDE VOÛTE					1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATI… DES TÊTE…*
	Longueur entre abouts des parapets Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* } Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances*	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Reins*	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Wiesen** *Suisse* 1907-1909 E_h^1 fr (= 40m) 1	*214m* 35mm 88m12	4m00 (avant l'établissement de la passerelle.) *3m70* Fruit 1/40 1m615	Anse de panier surhaussée **55m,00** *33m 34* $\frac{1}{1,649} = 0,606$ *22m* *36m50*	1m,80 *3m,016 à 77°*	1m,80 *3m016 à 77°*	Bandeaux : PT 1 Granit Douelle et Queutage : Voussoirs de béton : ciment 300k ou 546k ou 1 vol. sable 0mc55 1mc 2 vol. gravier 1mc 1mc82 3 v. 5 Résistance minima à 28 jours : 322k à 404k *Au-dessus de 74°* *Ciment 400k* *Resistance du mortier à 1/3 :* *à 7j. sous l'eau : 326k* *à 28j. — 426k*	Pression maxima : à la clef : 20k2 à 60° : 23k6 à 68° : 23k1 aux naissances : 20k6 *Arc élastique* *Methode graphique Ritter* 6 3 locomotives de 68t longues de 13m70, suivies de wagons de marchandises de 17t1	1° 8 voûtes transvers… vues, en plein cint… de 4m, sur piles de 1m à 1m [illegible] 2° »

1 Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

6 Elle est exposée Tome V, Appendice.

A VOIE ÉTROITE SÉRIE $E_h^1 f^r$ (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

FONDATIONS Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg (0m01)² *Procede*	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Epaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4].
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rocher calcaire Muschelkalk Pression maxima : 8k6 *Fouilles blindées*	Retroussé sur 39m *Sapin* Boites à sable Coins	4 22c à 28c 1m33 *100mm à la clef, puis décroissant suivant la distance à la clef*	Bois : équarris 494mc ronds : 590 planches de 5c : 24 1108mc Fers : profilés, ronds, plats 15T3 boulons 6T4 21T7 Dépense : 50000f env.	2mc65 51k9 119f5	A partir de 55° de la clef : 3 rouleaux Au 1er rouleau, 6 tronçons 11 clavages Au 2e rouleau, 6 tronçons 6 clavages Au 3e rouleau, 2 tronçons 1 clavage Joints matés au mortier à l'état de « terre de jardin humide »	Voûte nue *4 jours* 14 octobre	t_c 100mm t'_v 0 t''_v 0	Q = 10017mc Q : S_p = 11mc7 Q : W = 0mc32 Q : W' = 0mc42 [5] D = 446000f D : S_p = 520f D : W = 14f4 D : W' = 18f8 [5]

Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — B.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE SURHAUSSÉE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

SÉRIE $E_h^1 f^r (> 40^m)$

MONOGRAPHIES

PONT SUR LE LANDWASSER A **WIESEN**[1] *(Grisons, — SUISSE)*

Ligne de Davos à Filisur, — Chemins de fer Rhétiques

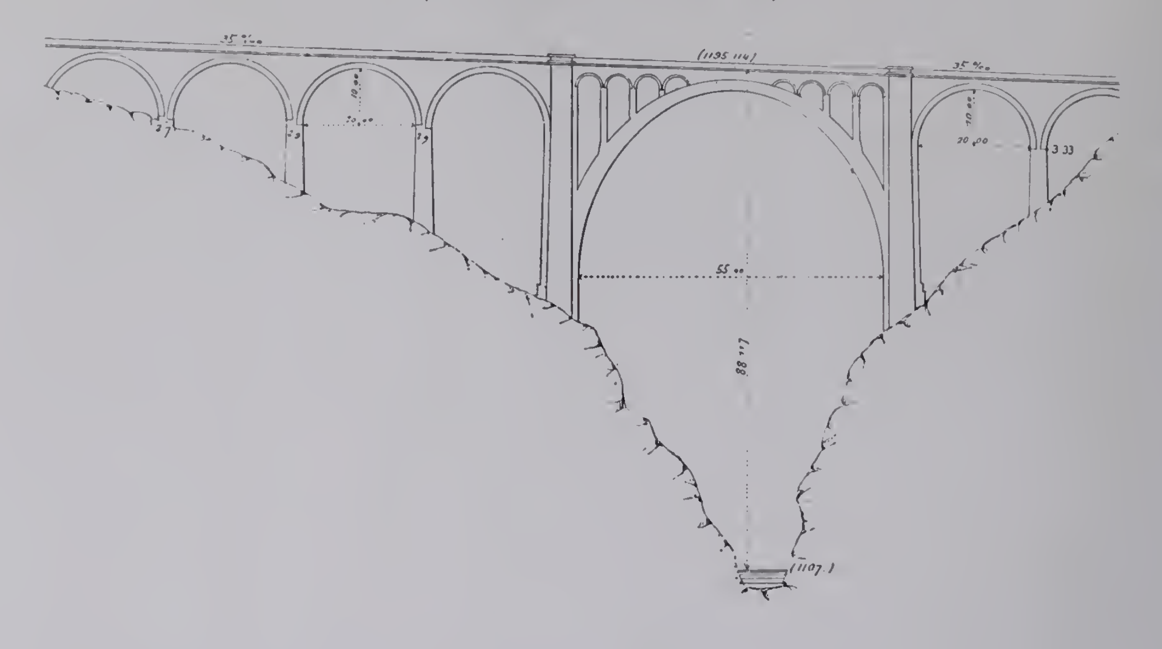
1906–1909 $E_h^1 f^r (> 40^m) 1$

$\Phi_1 (S_4)$

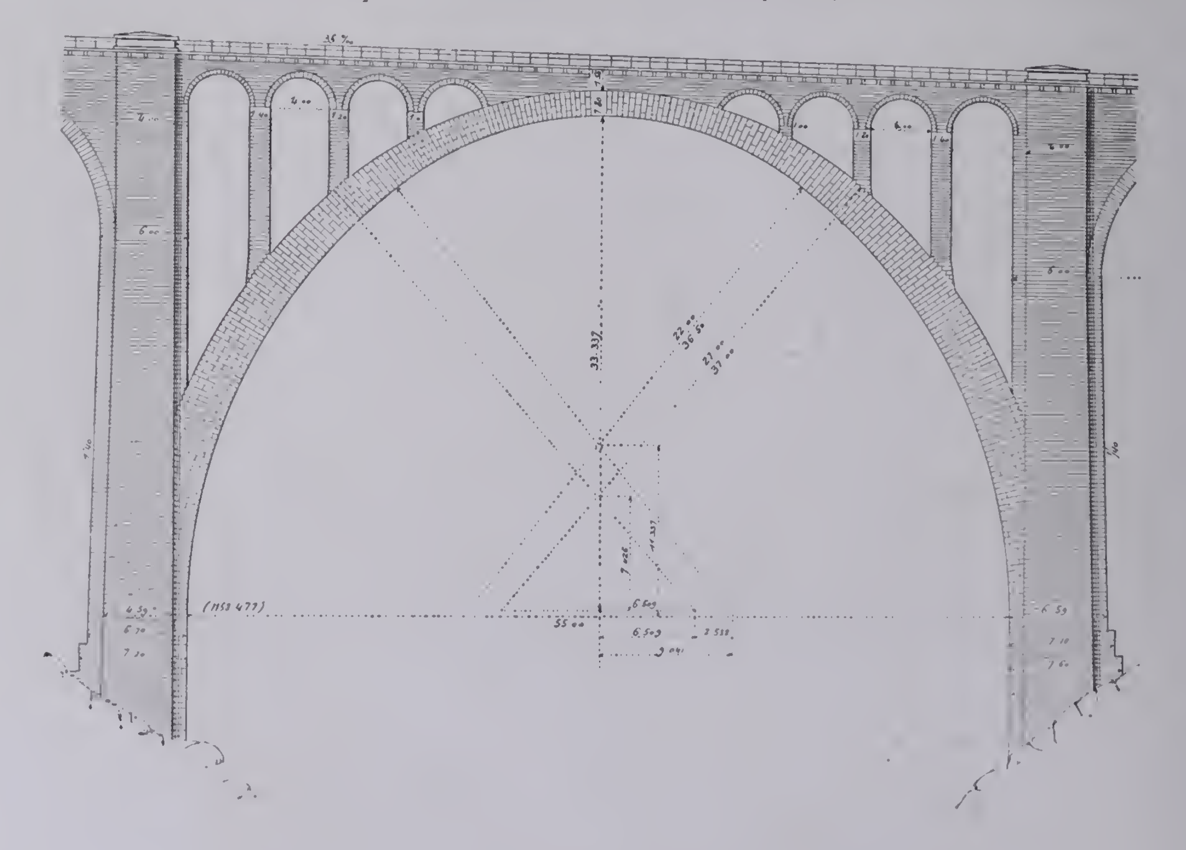


1 — à 250m vers Filisur de la gare de Wiesen.

f_1 — Ensemble — 0mm75 (S_1)



f_2 — Grande voûte — 2mm (S₁ et Φ₁)



1. Intrados et extrados (S'_2). — Ce sont des anses de panier surhaussées, encadrant au mieux les courbes de pression.

On fit un premier essai avec une courbe Méry pour la demi-surcharge répartie sur toute la portée, puis on rectifia par les constructions de Ritter [2].

Coupes — 1mm5

en long — en travers

2. Courbes de pressions (S'_2).

A.- Densité et coefficients admis dans les calculs.

Densité :

Maçonnerie à mortier	2.500
Remplissage en pierres sèches rangées à la main et gravier	1.900[k]

Coefficients :

d'élasticité (en kg mq)	$0,5 \times \overline{10}^9$
de dilatation	$8,8 \times \overline{10}^{-6}$

B.- Surcharges. — 3 locomotives de 68 tonnes, longues de 13m70, suivies de wagons à marchandises de 17 tonnes.

C.- Tracé. — (S'_2). — Les courbes ont été tracées par la méthode graphique de Ritter [2] :

2. — La méthode Culmann-Ritter sera exposée dans l'Appendice, Tome V.

d'abord pour un anneau de 1^m de largeur uniforme, arrêté au plan des naissances :

avec demi-surcharge sur toute la voûte ;

avec surcharge sur la demi-voûte (le premier essieu arrêté à la clef) ;

avec surcharge entière sur toute la voûte ;

puis sur la voûte entière, avec son fruit, prolongée jusqu'au rocher.

Le graphique f_5 donne les efforts maxima obtenus pour la voûte entière.

3. Matériaux (S_2).

A. - Piles des viaducs d'accès et piles-culées. — Elles sont coupées par des assises de béton de ciment pilonné dans un cadre de pierre de taille en parement.

B. - Voûtes d'évidement et d'accès. — Les voûtes d'évidement sont en béton damé ; celles de 20^m, en voussoirs de béton moulé.

C. - Grande voûte. — Elle était prévue en muschelkalk avec bandeaux en granit.

Mais il a été difficile d'exploiter les carrières de muschelkalk et d'en travailler les matériaux.

On fit le corps de la voûte en voussoirs de béton de $50^{cm} \times 25^{cm}$ en lit, et de 15^{cm}, 17^{cm}, 19^{cm}, 21^{cm}, 25^{cm} d'épaisseur.

En voici la composition :	Ciment [3]	Sable	Gravier
Voûte de 55^m	300^k	0^mc55	1^mc
Voûtes de 20^m	250^k	0^mc45	1^mc

Le sable devait passer dans les mailles de 0^cm4. Le gravier devait passer dans celles de 2^cm5, mais rester sur les celles de 1^cm2 : il y avait 39 à 40 °/o de vide.

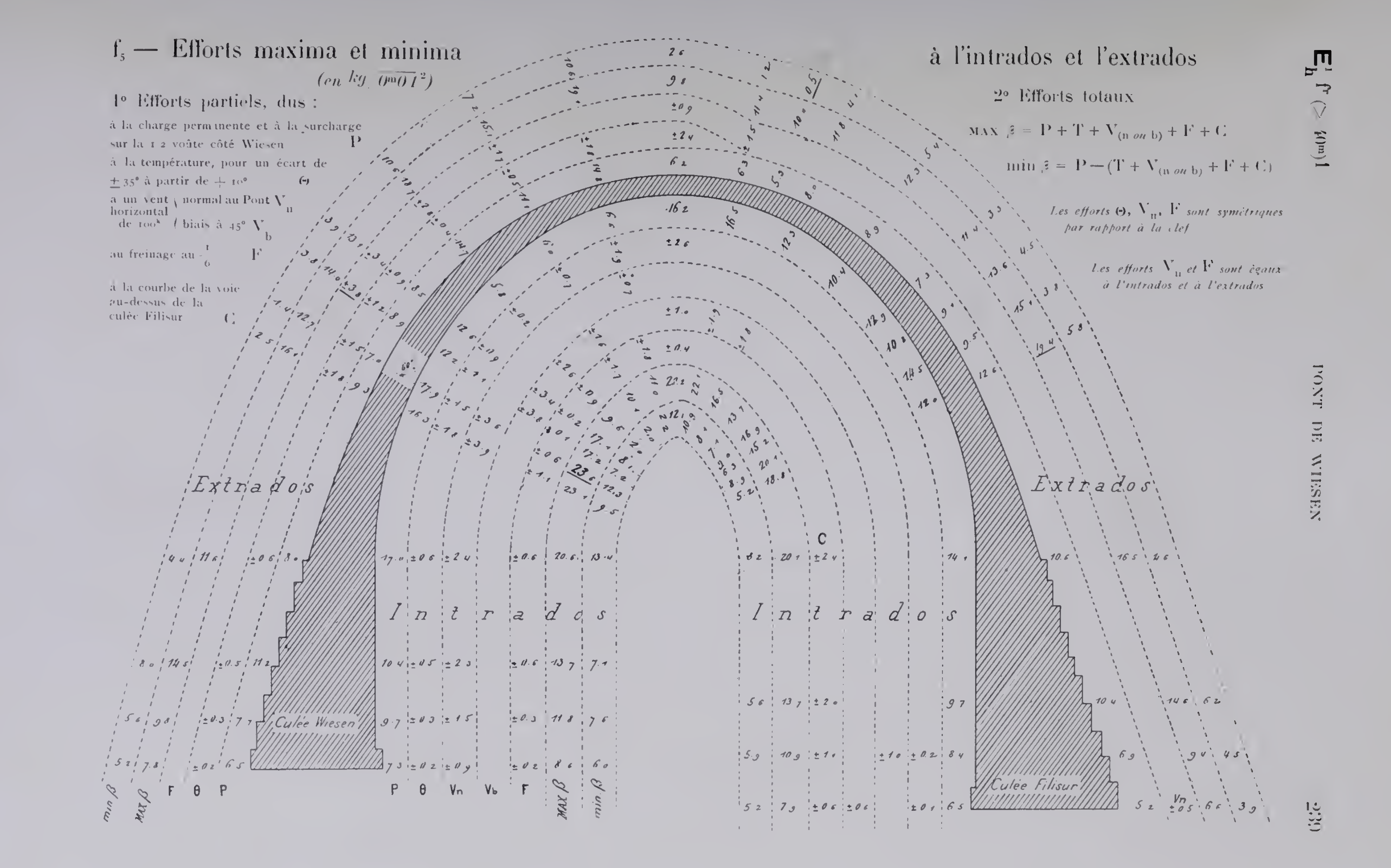
Voici les essais faits au Laboratoire de Zurich, sur des cubes prélevés en cours de travaux :

Date de l'expérience	Age en jours	Nombre d'essais	Composition : 1^mc de gravier et :		Résistance à la compression en kg $\overline{0^m01}^2$		
			Ciment (*kilogs*)	Sable (*litres*)	Min.	Max.	Moyenne
1908 - 27 juillet	8	3	250^k	450^l	232^k	252^k	241^k
27 juillet	10	3	300	550	251	278	261
15 août	26	3	250	450	339	360	346
14-27 août	28	9	300	550	325	468	391
18 septembre	48-49	12	300	550	322	414	375
25 septembre	52-54	18	300	550	322	479	394
23 novembre	103-106	9	300	550	350	543	435
23 novembre	107-110	9	300	550	404	534	459
1909 - 10 avril	240-247	12	300	550	395	545	479

La pression maxima est de 23^k6, soit le 1/15 de la résistance du béton à 100 jours.

Avec ces voussoirs réguliers de béton, on avait des joints minces.

3. — Le ciment provenait des usines Borner et Ce, de Wallenstadt (St-Gall, Suisse) et de la « Wallenstadter Roman - und Portland - Zementfabrik » d'Ennenda (Glaris, Suisse).


f5 — Efforts maxima et minima à l'intrados et l'extrados
(en kg □m/m²)
1° Efforts partiels, dus :
à la charge permanente et à la surcharge sur la 1/2 voûte côté Wiesen P
à la température, pour un écart de ± 35° à partir de + 10° (θ)
à un vent horizontal de 100k normal au Pont Vn
biais à 45° Vb
au freinage au 1/6 F
à la courbe de la voie au-dessus de la culée Filisur C
2° Efforts totaux
MAX β = P + T + V(n ou b) + F + C
min β = P — (T + V(n ou b) + F + C)
Les efforts (θ), Vn, F sont symétriques par rapport à la clef
Les efforts Vn et F sont égaux à l'intrados et à l'extrados
Extrados
Intrados
Intrados
Extrados
Culée Wiesen
Culée Filisur
min β
MAX β
F θ P
P θ Vn Vb F
MAX β
min β
C
Vn

Le béton, fait à la main, était pilonné dans des formes en bois, puis recouvert de toiles mouillées, et on ne l'employait qu'après deux mois de séjour dans le souterrain de Wiesen.

4. Chape (S_2). — On étalait d'abord une couche de 4^{cm} de ciment ; puis,

aux voûtes de 20^m, des plaques d'asphalte de 6 à 8^{mm} ;

aux voûtes d'élégissement, des plaques d'asphalte de 8 à 10^{mm} ;

au cerveau de la grande voûte, des feuilles de plomb de 2^{mm}.

On répandait ensuite par-dessus 20^{cm} de sable.

Des entailles dans les tympans recevaient les abouts des plaques d'asphalte ou des feuilles de plomb : on les y scellait ensuite au ciment.

5. Cintre (S_2). — (f_n à f_n).

A.- Dispositions à signaler. — On avait projeté un cintre métallique retroussé, formé de fermes paraboliques à trois articulations. Il était estimé 15.000^f, — moins que le cintre exécuté.

On y renonça, parce qu'il aurait retardé les travaux.

Le cintre exécuté est imité de celui de Solis [4, 5].

Il occupe, de chaque côté, 8^m (16^m en tout), réduisant la portée libre de 55^m à à 39^m.

Mais on n'avait pas cru pouvoir fonder l'ouvrage au bord même du gouffre.

Le cintre repose sur un massif de béton. Chaque moitié a été montée en encorbellement.

Les montants, contrefiches et arbalétriers sont terminés par des ⊔.

De plus, les arbalétriers sont boulonnés sur leurs appuis.

Le cintre est tenu par des câbles tendeurs et des fers ronds de 30^{mm} ancrés dans les piles-culées.

B.- Calculs — Le cintre a été calculé, nœud par nœud, pour la demi-épaisseur de la voûte, chaque ferme portant le 1/3 de la charge.

Angle de frottement de la pierre sur le platelage : 26°.

Coefficient d'élasticité (en kg/mq) : $1 \times \overline{10}^9$.

L'effort maximum, 21^k5, se produit dans le bas du chevalement.

6. Fondations des piles-culées (S_2).

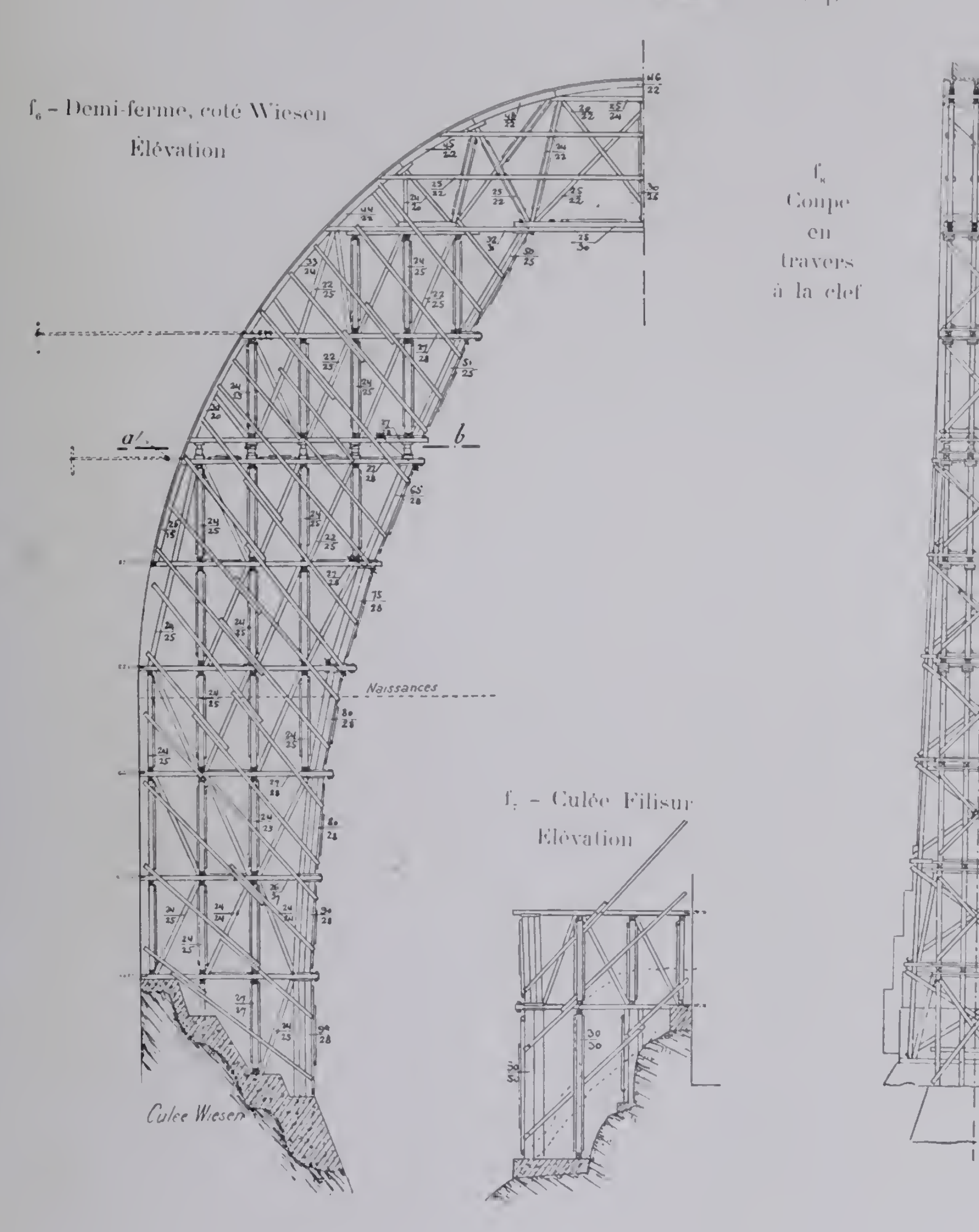
A.- Rive droite. — On descendit jusqu'au muschelkalk en place (trias alpin), à travers des éboulis rocheux, dans des fouilles solidement boisées.

B.- Rive gauche. — On descendit sans boisages sur "l'Arlbergkalk" à travers le "Rauhwack".

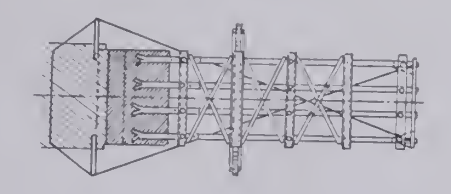
4. — C^1 f^r ($\geqslant 40^m$) I - Tome I, p. 57.

5. — Projeté, comme celui de Wiesen, par M. Marasi, Ingénieur en chef de l'Entreprise.



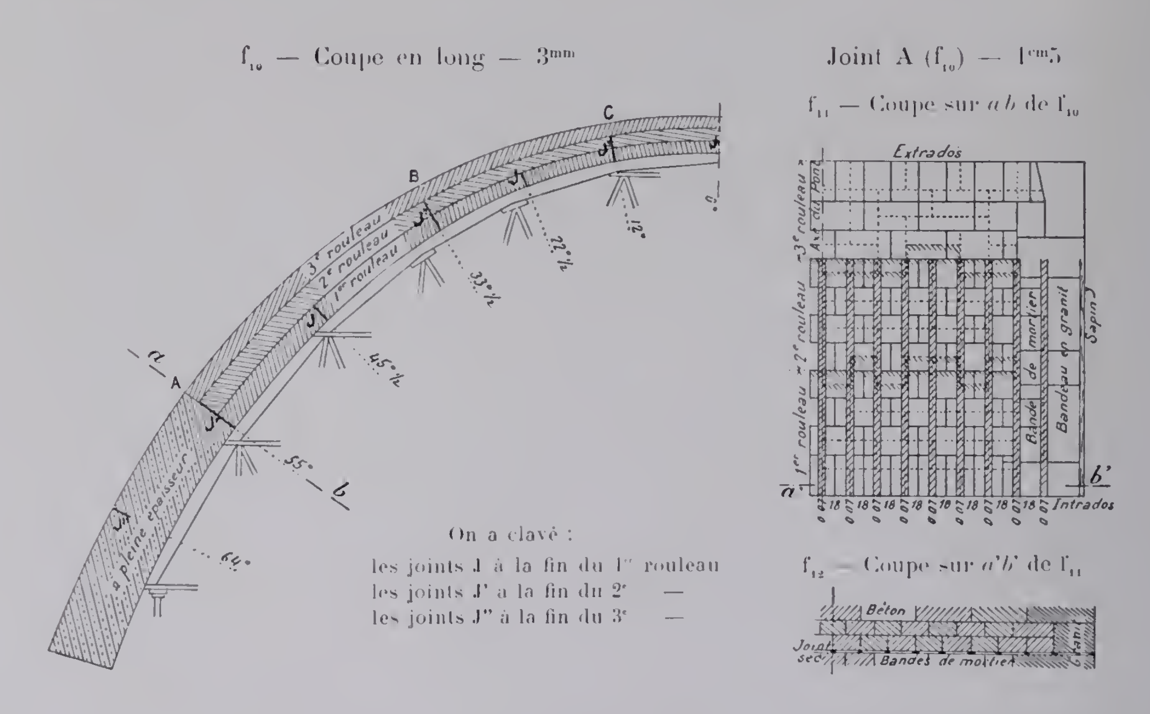


f9 - Coupe sur *ab* de f8



Sur les deux rives, on tailla le rocher en gradins avec de larges marches horizontales ; on maçonna à ciment jusqu'à 0m50 au-dessus du gradin supérieur.

7. Grande voûte (S_2). — On l'a construite à pleine épaisseur jusqu'à 55°, en ménageant un joint sec sur le 1/3 supérieur du joint à 64° ; puis, en 3 rouleaux (f_{10}).



A. – 1er et 2e rouleaux. — Le premier devait porter le deuxième sans faire travailler le cintre. Il a été calculé comme un arc élastique.

Il a, à la clef, les 44 % de l'épaisseur totale [6].

Il a été attaqué en 6 points, à 55°, 33° ½ et 12°, et coupé en outre par deux joints secs à 45° ½ et 22° ½, soit 11 clavages.

Le deuxième rouleau a été attaqué aux mêmes points : 55°, 33° ½, 12°.

Les joints secs étaient maintenus par des bandes de mortier de ciment de 6 à 7cm, espacées de 18cm ; aux têtes, par des liteaux de sapin qu'on enlevait au ciseau au moment du clavage (f_{11}, f_{12}).

Les matages se faisaient au mortier de ciment à l'état de « terre de jardin humide ».

6. — « *Ce rapport est en remarquable concordance avec celui des trois ponts classiques français de « Lavaur, Antoinette, Castelet* » (S_2).

M. Studer rappelle que le rapport des épaisseurs à la clef : $\frac{e^1_0 \text{ (1er rouleau)}}{e_0 \text{ (voûte entière)}}$ était :

au pont Antoinette : 1/2,25 (= 44/100)
au pont de Lavaur : 1/2,45 (= 41/100)
au pont du Castelet : 1/2,50 (= 40/100)

Il pense que ces rapports ont été déterminés par le calcul.

Non.

B. — 3e rouleau. — Les deuxième et troisième rouleaux avaient à peu près la même épaisseur.

Le troisième fut construit sans interruption à partir des joints à 55°.

On a ancré dans les bandeaux 16 tirants en fers plats de $10^{mm} \times 70^{mm}$, longs de 3^m50.

8. Décintrement (S_2). — On installa un homme à chaque boîte à sable et à chaque paire de coins. On descendit le cintre successivement de $0^{cm}5$, 1^{cm}, 2^{cm}, 3^{cm}.

9. Voûtes de 20^m (S_2). — Elles furent construites en deux rouleaux, le premier en 4 tronçons avec 3 clavages.

5 tirants en fer relient les bandeaux.

10. Dates (S_4).

Commencement des fondations	octobre 1906
Commencement des maçonneries en élévation :	
Pile-culée rive droite	4 juin 1907
Pile-culée rive gauche	27 août
Grand cintre :	
Commencement de la taille des bois	10 mars 1908
Montage avec 1 maître charpentier et 12 charpentiers	22 avril-1er août
Exécution de la grande voûte :	
Partie à pleine épaisseur jusqu'à 55°	6-23 août
1er rouleau, à partir de A, B, C (f_{10})	25 août-4 septembre
Clavages à 0°, 22° ½, 45° ½	5-6 septembre
2e rouleau à partir de A, B, C (f_{10})	10-23 septembre
Clavages à 12°, 33° ½, 55°	24 septembre
3e rouleau	25 septembre-10 octobre
Décintrement de la grande voûte (nue)	14 octobre
Achèvement des viaducs d'accès	7-9 octobre
Achèvement des maçonneries jusqu'aux consoles et pose de la chape	18 octobre
Consoles, plinthes, parapets, passerelle en bois de 1^m20 pour touristes, sur la gauche du viaduc, payée par les communes de Davos et Filisur	Printemps 1909
(Cette passerelle n'embellit pas l'ouvrage).	
Ouverture à l'exploitation (S_4)	1er juillet

11. Personnel (S_2, S_3).

Ingénieurs :

Projet : M. P. Saluz, Ingénieur en chef des Chemins de fer Rhétiques.

Calculs de stabilité, calculs du cintre et Direction des Travaux : M. Hans Studer, Ingénieur.

Entreprise : Société Davos-Filisur.

Ingénieur en Chef : M. G. Marasi, de Turin (S_4).

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution, gracieusement communiqués, en novembre 1909, par M. Saluz.

S_2. — Schweizerische Bauzeitung, 19 juin 1909, p. 319 à 324 ; 26 juin 1909, p. 336 à 340 : « *Die Bahnlinie Davos-Filisur* », von Oberingenieur P. Saluz.

> S'_2. — Id., 3 juillet 1909, p. 1 à 10 : « *Die Bahnlinie Davos-Filisur, — Statische* « *Berechnung des grossen Bogens am Wiesener-Viadukt* ». von Ingenieur Hans Studer.

S_3. — Renseignements que m'a très aimablement adressés, en octobre 1909, M. Studer qui avait bien voulu m'accompagner au pont.

S_4. — Ce que j'ai vu — août 1909.

PONTS DÉCRITS DANS LE TOME I

INDEX ALPHABÉTIQUE

PONT	Rivière ou voie traversée	*Pays*	Symbole	Pages Tableau synoptique	Pages Monographie
de **Gignac**..................	Hérault	*France*	**E**^{1} r^{te} (< 40^{m})^{3}	86	103
de **Gloucester**............	Severn	*Angleterre*	**E**^{1} r^{te} (< 40^{m})^{4}	86	107
Édouard VII, à **Kew** *(classé plus haut, sous la lettre* **E***)*............	Tamise	*Angleterre*	**E**^{n} r^{te} (< 40^{m})^{7}	144	182
de **Lavaur** (Vieux Pont)...	Agoût	*France*	**E**^{1} r^{te} (< 40^{m})^{2}	86	97
de **Londres** (London Bridge)	Tamise	*Angleterre*	**E**^{n} r^{te} (< 40^{m})^{1}	138	147
de **Mantes**................	Seine	*France*	**E**^{n} r^{te} (< 40^{m})^{3}	140	160
de **Nogent-sur-Marne**....	Marne	*France*	**C**^{n} F^{r} (< 40^{m})^{1}	76	79
d'**Oloron**................	Gave d'Oloron	*France*	**C**^{1} F^{r} (< 40^{m})^{2}	38	45
d'**Ornaisons**............	Orbieu	*France*	**C**^{n} r^{te} (< 40^{m})^{1}	60	63
de **Pont-sur-Yonne**	Yonne	*France*	**E**^{n} aq (< 40^{m})^{1}	210	213
de l'Empereur François, à **Prague** *(classé plus haut, sous la lettre* **E***)*............	Moldau	*Autriche, Bohême*	**E**^{n} r^{te} (< 40^{m})^{5}	140	168

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME I

1RE PARTIE. — VOÛTES INARTICULÉES

LIVRE I. - DESCRIPTION DES PONTS QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES DE 40^{m} ET PLUS DE PORTÉE. TABLEAUX SYNOPTIQUES. — MONOGRAPHIES.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE C

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE C^{1} r^{te} ($\geq$ 40^{m})

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE C *(Suite)*

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE C^1 r^{le} ($\geq 40^m$) *(Suite)*

MONOGRAPHIES :

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE C *(Suite)*

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE C^1 F^r $(\geqslant 40^m)$

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

SÉRIE C^1 f^r $(\geqslant 40^m)$

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE C *(Suite)*

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE C^n r^{te} ($\geqslant 40^m$)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE C^n F^r ($\geqslant 40^m$)

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE E^1 r^{te} ($\geqslant$ 40^m)

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE E^1 r^{te} (> 40^m) *(Suite)*

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE E¹ Fr (> 40m)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE Eⁿ rte (> 40m)

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE $E^n\ r^{te}$ (> 40m) *(Suite)*

VOÛTES INARTICULEES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE E^n r^{te} (> 40m) *(Suite)*

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE $E^n E^n r^{te}$ (≥ 40m)

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CONDUITE D'EAU (AQUEDUCS)

SÉRIE E^n aq (≥ 40^m)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE E^n Fr (≥ 40^m)

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE SURHAUSSÉE E_h

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

SÉRIE E_h^1 f^r ($> 40^m$)

ERRATA

DU TOME I

Page 188, Tableau synoptique **E^n E^n** r^{te} ($\geqslant$ 40^m), col. 6 :

10e ligne : au lieu de *2^{m}65*, lire *2^{m}59.*

20e ligne : au lieu de *2^{m}55*, lire *2^{m}52*.

Page 194, Monographie **E^n E^n** r^{te} ($>$ 40^m)^I, — n° 2. — *A* :

19e ligne : au lieu de $\frac{p^2}{R}$, lire $\frac{p^2}{a}$.

Voir aussi l'**Errata général,** à la fin du Tome V.

GRANDES VOÛTES

GRANDES VOÛTES

PAR

Paul SÉJOURNÉ

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES
INGÉNIEUR EN CHEF DU SERVICE DE LA CONSTRUCTION
DE LA COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE
PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

TOME II

1RE PARTIE — VOÛTES INARTICULÉES

(SUITE)

LIVRE I. — DESCRIPTION DES PONTS QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES DE 40m ET PLUS DE PORTÉE

(SUITE)

ARCS PEU SURBAISSES

BOURGES

IMPRIMERIE Vve TARDY-PIGELET ET FILS
15, RUE JOYEUSE, 15

—

1913

AVERTISSEMENT

DIVISIONS DE L'OUVRAGE

CLASSEMENT DES PONTS EN SÉRIES ET DANS CHAQUE SÉRIE PAR DATE

TABLEAUX SYNOPTIQUES — MONOGRAPHIES

SUITE, DANS CHAQUE MONOGRAPHIE,

DE FIGURES, PLANCHES, PHOTOGRAPHIES, RENVOIS, SOURCES.

DÉSIGNATION ABRÉGÉE DES MATÉRIAUX

UNITÉS AUXQUELLES ON RAPPORTE LES QUANTITÉS ET DÉPENSES

1. Divisions de l'ouvrage. — Cet ouvrage est ainsi divisé :

1re Partie : Voûtes inarticulées[1]. — Ce sont les voûtes ordinaires, ainsi qualifiées par opposition aux voûtes articulées.

2e Partie : Voûtes articulées.

3e Partie : Ce que l'expérience enseigne de commun à toutes les voûtes.

Appendice : Pratique des voûtes. — Instructions pour projeter et construire. — Ouvrages courants, Viaducs..... — Répertoires. — Tables numériques.....

Dans les 1re et 2e Parties, sont décrits les ponts qui ont — ou qui avaient — des voûtes de 40m et plus de portée.

2. Classement des Ponts en séries. — J'ai classé par intrados les voûtes inarticulées, par type d'articulation les voûtes articulées.

Ce classement sera détaillé et justifié plus loin.

3. Classement dans chaque série par date d'exécution. — Dans chaque série, les ouvrages sont classés par date. On voit ainsi ce qui, dans un pont, est emprunté à un plus ancien.

4. Tableaux synoptiques. — Monographies. — Les dispositions comparables des ouvrages d'une série sont rapprochées dans des tableaux synoptiques : ainsi groupées, elles instruisent.

1. — On les a quelquefois dites « encastrées » à proprement parler, elles ne le sont pas. En histoire naturelle, ce qui n'a pas d'articulation est justement qualifié « inarticulé »

Viennent ensuite les monographies de chaque ouvrage : on y trouvera ce qui lui est spécial, description, histoire, dessins, photographies.

Pour tous les ponts, on a donné une élévation à la même échelle, 2^{mm}, de l'arche ou des arches de 40^{m} et plus.

Autant qu'on l'a pu, en restant clair, on n'a donné qu'une seule fois chaque indication, soit dans les tableaux synoptiques, soit dans la monographie, soit dans les dessins.

5. Suite, dans chaque monographie, de figures, planches, photographies, renvois, sources.

— Chaque ouvrage a sa suite :

de figures : f_1 f_2..... ;

de planches : Pl_1 Pl_2..... ;

de photographies : Φ_1 Φ_2..... ;

de renvois au bas des pages : [1], [2]..... ;

de sources : S_1 S_2.... indiquées à la fin de chaque monographie, quelquefois subdivisées : S'_1, S''_1.....[2].

6. Désignation abrégée des matériaux aux tableaux synoptiques et aux dessins.

<table>
<tr><td colspan="5">Béton</td><td>B</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">Moellons ordinaires</td><td colspan="3">employés en blocage sans préparation spéciale</td><td>MO</td></tr>
<tr><td rowspan="3">choisis (c'est-à-dire avec sujétion)</td><td rowspan="2">employés en parement</td><td>à joints incertains</td><td>MOI</td></tr>
<tr><td>grossièrement disposés par assises horizontales.</td><td>MOH</td></tr>
<tr><td>employés en voûte</td><td>méplats, lités, prolongeant, soit chaque lit de douelle, soit un lit sur 2, sur 3.</td><td>MOV</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Moellons à face rectangulaire, les 4 arêtes dans un même plan</td><td rowspan="2">Moellons équarris[3]</td><td colspan="3">»</td><td>ME</td></tr>
<tr><td colspan="3">taillés en voussoirs, lits pleins prolongeant exactement ceux de douelle. Joints et face de queue en partie pleins.</td><td>MEV</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Moellons d'appareil[4]</td><td rowspan="2">Dimensions imposées</td><td colspan="2">»</td><td>MA</td></tr>
<tr><td colspan="2">taillés en voussoirs, lits et joints pleins.</td><td>MAV</td></tr>
<tr><td colspan="2">Libages</td><td colspan="3">Pierre de taille de grand appareil grossièrement équarrie.</td><td>L</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pierre de taille</td><td colspan="3">Blocs appareillés sur les 6 faces. Toutes les dimensions imposées.</td><td>PT</td></tr>
<tr><td colspan="5">Briques</td><td>Br</td></tr>
</table>

2. — On peut ainsi contrôler et apprécier les renseignements donnés.

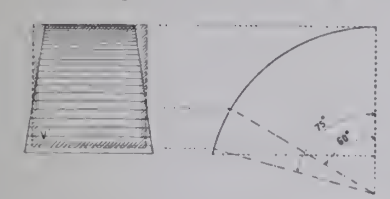
3. — Synonyme : Moellons têtués.

4. — Synonyme : Moellons smillés.

7. Unités adoptées pour comparer les quantités et dépenses.

A. — *Cintres.* — Dans la colonne 14 des Tableaux synoptiques, on a rapporté le cube de bois, le poids de fer et la dépense, au mètre carré de douelle d'une voûte V' à tympans verticaux, exigeant le même cintre.

La largeur uniforme de V' est celle de la voûte considérée :



au joint à 60° de la verticale pour les pleins cintres, les ellipses et les arcs de plus de 120° ;

aux naissances, pour les arcs de moins de 120° ;

c'est-à-dire, pour toutes les voûtes, au joint à partir duquel les voussoirs cessent de pouvoir être soutenus en faisant simplement déborder les couchis.

Comme il convient que les vaux se prolongent jusqu'à l'angle de 75°, on a pris pour surface de douelle celle de la voûte théorique V' :

à partir des angles de 75° pour les ellipses, pleins cintres, arcs de cercle de plus de 150° ;
à partir des naissances pour les arcs de cercle surbaissés de moins de 150°.

B. — *Ouvrage.* — La surface offerte à la circulation, S_p est le produit :

$$S_p = \left(\begin{array}{c}\text{Longueur totale entre les abouts}\\ \text{des parapets donnée colonne 2}\end{array}\right) \times \left(\begin{array}{c}\text{Largeur disponible entre parapets}\\ \text{donnée colonne 3}\end{array}\right)$$

S_p mesure l'utilité de l'ouvrage.

Soit S_e la surface vue d'élévation entre la voie portée, les murs en aile ou quarts de cône et le terrain naturel :

Je considère le volume $W = S_e \times$ (Largeur disponible entre parapets).

C'est le volume d'un mur plein ayant même surface d'élévation vue et même largeur utile que l'ouvrage. — Convenons de l'appeler le volume « utile ».

Soient Q et D le cube de maçonnerie de l'ouvrage et sa dépense.

$Q : S_p$ est le cube de maçonnerie à mortier par m. q. de surface horizontale utile. C'est l'épaisseur d'une dalle en maçonnerie de même cube que l'ouvrage et qui aurait même longueur et même largeur utile.

$Q : W$ est le cube de maçonnerie à mortier, par m. c. de volume « utile ».

$D : S_p$ est le prix du m. q. de surface offerte à la circulation.

$D : W$ est le prix du m. c. de volume « utile ».

Toutes ces quantités sont données à la colonne 18 des Tableaux synoptiques.

Quand les fondations sont très au-dessus de la vallée, on a donné de plus les rapports $Q : W'$, $D : W'$.

$W' = (S'_e$, Surface d'élévation au-dessus des fondations $\times$ (Largeur disponible entre parapets).

W' est le volume « utile » au-dessus des fondations.

Ire PARTIE

VOÛTES INARTICULÉES

(SUITE)

PRÉLIMINAIRES

GROUPEMENT EN SÉRIES DES PONTS A VOÛTES INARTICULÉES

LIVRE I

DESCRIPTION DES PONTS
QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES
DE 40m ET PLUS DE PORTÉE

(SUITE)

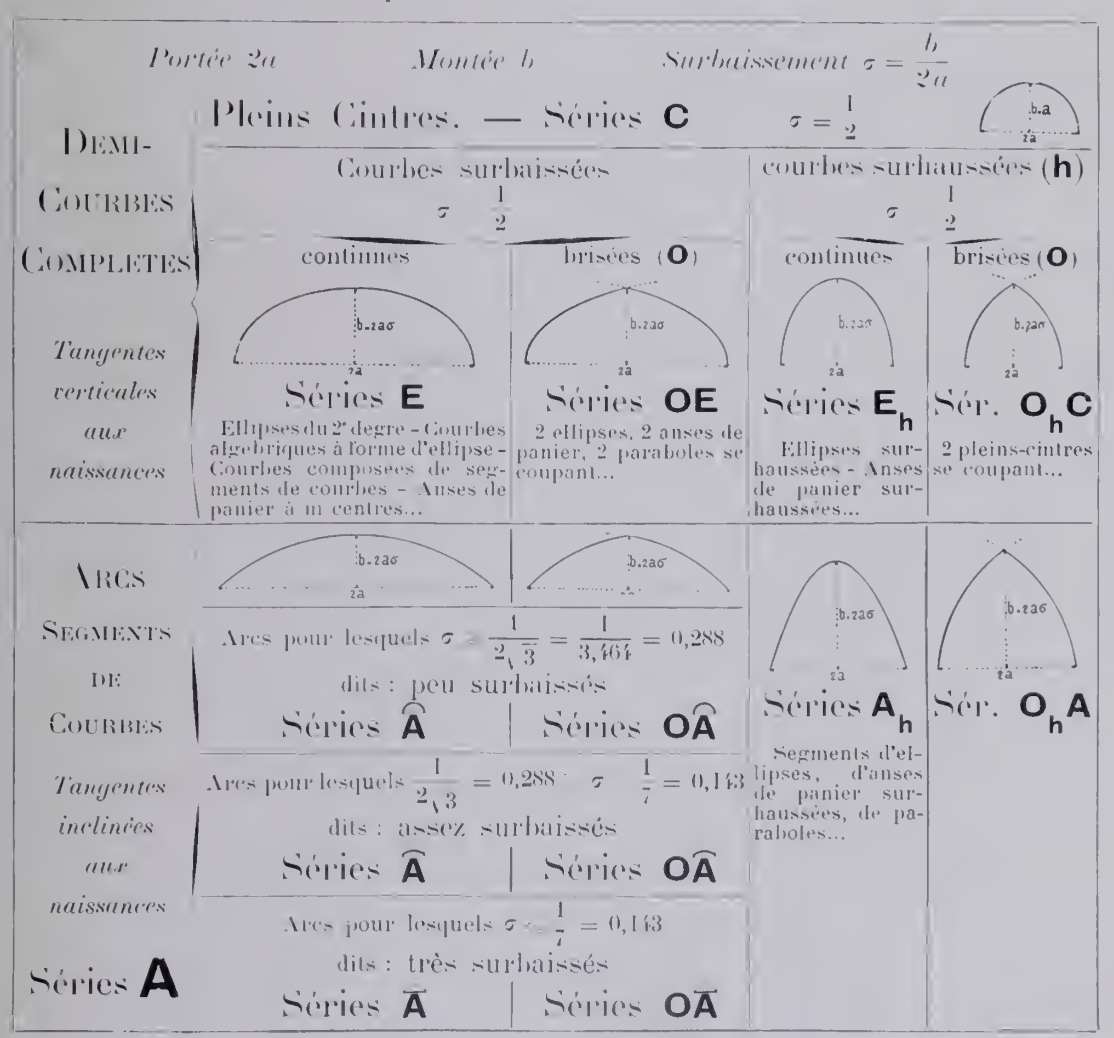
PRÉLIMINAIRES

GROUPEMENT EN SÉRIES DES PONTS A VOÛTES INARTICULÉES
SÉRIES PAR INTRADOS — SYMBOLES
PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE ET PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES
SÉRIES PAR VOIE PORTÉE — PONTS EN DEUX ANNEAUX
PONTS AYANT UNE VOÛTE OU DES VOÛTES DE 40^{m} OU PLUS DE PORTÉE
EXEMPLES : SENS DE QUELQUES SYMBOLES

1. Groupement en séries des ponts à voûtes inarticulées. — On a rapproché, dans les mêmes séries, les Ponts qui ont les mêmes caractères principaux : intrados, — une seule grande arche ou plusieurs grandes arches, — voie portée.

2. Séries par intrados. — Symboles. — Le caractère dominateur, celui qui classe tout d'abord les voûtes inarticulées, c'est la forme de l'intrados.

Voici le classement adopté :



3. Ponts à une seule grande arche et ponts à plusieurs grandes arches. — On traite de façon fort différente un ouvrage à une seule grande arche ou à plusieurs grandes arches.

De plus, la surcharge ne déforme pas également une voûte unique retombant sur deux culées et la même voûte butant contre deux piles.

On a donc distingué les ponts à une seule grande arche : $\mathbf{C}^1, \mathbf{E}^1, \overset{\frown}{\mathbf{A}}{}^1, \widehat{\mathbf{A}}{}^1, \bar{\mathbf{A}}{}^1, \ldots$

et les ponts à plusieurs : $\mathbf{C}^n, \mathbf{E}^n, \overset{\frown}{\mathbf{A}}{}^n, \widehat{\mathbf{A}}{}^n, \bar{\mathbf{A}}{}^n, \ldots$

4. Séries par voie portée. — Le travail des voûtes, par conséquent leur épaisseur, dépend de ce qui passe dessus.

On distinguera donc :

les Ponts-route : $\mathbf{C}\, r^{te}$, $\mathbf{E}\, r^{te}$, $\mathbf{A}\, r^{te}$, ...

les Ponts sous chemin de fer à voie normale : $\mathbf{C}\, F^r$, $\mathbf{E}\, F^r$, $\mathbf{A}\, F^r$, ...

les Ponts sous chemin de fer à voie étroite : $\mathbf{C}\, f^r$, $\mathbf{E}\, f^r$, $\mathbf{A}\, f^r$, ...

les Ponts-aqueducs : $\mathbf{C}$ aq, $\mathbf{E}$ aq, ...

....

5. Ponts en deux anneaux. — Par économie, on a récemment, pour de larges ponts de ville, porté la chaussée sur deux minces anneaux, un à chaque tête.

Les voûtes seront désignées comme précédemment, mais en doublant la lettre de l'intrados, par exemple : $\widehat{\mathbf{A}}{}^1\, \widehat{\mathbf{A}}{}^1\, r^{te}$....

6. Ponts ayant une voûte ou des voûtes de 40^m ou plus de portée. — Les symboles seront suivis de l'indication : $> 40^m$.

7. Exemples : Sens de quelques symboles.

$$\widehat{\mathbf{A}}{}^1\, f^r{}_{(> 40^m)}{}^3$$

désigne un ouvrage en arc ($\mathbf{A}$) à une seule grande arche ($\mathbf{A}^1$) ; — assez surbaissé, c'est-à-dire de surbaissement compris entre $\frac{1}{2\sqrt{3}}$ et $\frac{1}{7}$ $(\widehat{\mathbf{A}})$; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous $\mathbf{A}$) ; — sous voie étroite (f^r) ; — de portée de 40^m ou plus $(> 40^m)$; — le 3e par ordre chronologique de la série $\widehat{\mathbf{A}}{}^1\, f^r{}_{(> 40^m)}$.

$$\mathbf{E}^n\, F^r{}_{(> 40^m)}{}^2$$

désigne un pont en ellipse ($\mathbf{E}$) à plusieurs grandes arches ($\mathbf{E}^n$) ; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous $\mathbf{E}$) ; — sous chemin de fer à voie normale (F^r) ; — de portée de 40^m ou plus $(> 40^m)$; — le 2e, par date, de la série $\mathbf{E}^n\, F^r{}_{(> 40^m)}$.

$$\widehat{\mathbf{A}}{}^1\, \widehat{\mathbf{A}}{}^1\, r^{te}{}_{(> 40^m)}{}^2$$

désigne un pont à deux anneaux en arc ($\mathbf{A}\,\mathbf{A}$), chacun à une seule grande arche ($\mathbf{A}^1\, \mathbf{A}^1$), de surbaissement $\tau > \frac{1}{2\sqrt{3}}$ $(\widehat{\mathbf{A}}{}^1\, \widehat{\mathbf{A}}{}^1)$; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous $\mathbf{A}\,\mathbf{A}$; — sous route (r^{te}) ; — de portée de 40^m ou plus $(> 40^m)$; — le 2e, par date, de la série $\widehat{\mathbf{A}}{}^1\, \widehat{\mathbf{A}}{}^1\, r^{te}{}_{(> 40^m)}$.

LIVRE I (*Suite*)

DESCRIPTION DES PONTS

QUI ONT OU AVAIENT

DES

VOÛTES INARTICULÉES

DE 40^m ET PLUS DE PORTÉE

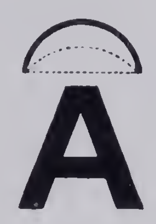
TABLEAUX SYNOPTIQUES

MONOGRAPHIES

VOÛTES INARTICULÉES

EN

ARC PEU SURBAISSÉ [1]



[2]

Voir Préliminaires, p. 3 et 4 :

1. pour la définition des arcs « peu surbaissés ».
2. pour le sens de ce symbole

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ [1]

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS ROUTE

Série $\overset{\frown}{\mathbf{A}}{}^{1}\,\mathrm{r}^{te}\ (\geqslant 40^{m})$ [2]

Voir Préliminaires, Tome II, p. 3 et 4

1. — pour la définition des « arcs peu surbaissés ».

2. — pour le sens de ce symbole.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT - Date Symbole	PROJET ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	 Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDE VOÛTE INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayon*	 ÉPAISSEURS CORPS Clef *A 60° de la clef*	 TÊTES Clef *Reins*	 MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1 mc de sable, de chaux ou de ciment*	 PRESSIONS en kg 0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEME[…] DES TYMPA[…] 2° *DÉCORAT[…] DES TÊ[…]*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de *Vieille-Brioude* (Ancien Pont) – *France* Peut-être commencé avant 1340 ; refait ou réparé à partir de 1454 ; fini avant 1470 ; *écroulé en 1822* $\widehat{A}^{1}$ r^{le} (≥ 40m) 1	» 80mm 100mm RG RD »	4m 22 *1m 95* Pas de fruit »	Arc de cercle **54m,26** *18m 84* $\frac{1}{2,88}$ = 0,347 *28m 95*		2m,27 »	Bandeaux et Douelle : PT [1] Tuf volcanique s'effritant à l'air *Chaux*		
de **Nyons** *France* Commencé après 1351 ; peut-être fini en 1407. $\widehat{A}^{1}$ r^{le} (≥ 40m) 2	» 70mm 70mm 13m96 (thalweg)	3m 30 *1m 00* Pas de fruit 0m15	Arc de cercle **40m,53** *13m environ* $\frac{1}{3,12}$ = 0,32 »	1m,22 »	0m,90 *Epaisseur uniforme*	Bandeaux : un rang de PT [1] Douelle : PT [1] Tout en tuf.		
de **Tournon** *France* Entre 1351 et 1583 $\widehat{A}^{1}$ r^{le} (≥ 40m) 3	» 30mm 57mm RG RD 22m 41 (étiage)	4m 05 *5m 05* Pas de fruit 0m35	Arc de cercle **49m,20** *17m 73* $\frac{1}{2,775}$ = 0,36 *25m 93*	2m,00 *Epaisseur uniforme*	1m,65 épaisseur uniforme jusqu'à 50° de la clef, puis *1m 00* *épaisseur uniforme jusqu'aux naissances*	Bandeaux : PT [1] Grès assez tendre « pierre de grais ou mollasse, sujette a la gelée ou au chancre ». (S_5)		1° Voûte[s] transvers[…] cachée[s] en arc de cer[cle] ou en plein cint[re] 2° »
de **Claix** (Vieux Pont) *France* 1608–1611 $\widehat{A}^{1}$ r^{le} (≥ 40m) 4	» 83mm 75mm RG RD 21m	5m 30 *6m 50* »	Arc de cercle **46m,35** *15m 70* $\frac{1}{2,97}$ = 0,337 *25m 06*	1m,365 *1m 70* *(Epaisseur maxima de la voûte)*		Bandeaux : PT [1] Calcaire Appareil irrégulier		
de **Crespano** *Italie* 1832–1836 $\widehat{A}^{1}$ r^{le} (≥ 40m) 5	*99m* » 36m	6m 50 *7m 10* Pas de fruit 1m60 »	Arc d'anse de panier a 3 centres **40m,40** *16m 00 (Projet)* *16m 16 (après tassement)* $\frac{1}{2,5}$ = 0,40 *20m 20* *jusqu'à 60° de la clef, puis 30m 85*	1m,80 *Epaisseur uniforme*	1m,80 *Epaisseur uniforme*	Bandeaux et Douelle : Br [1] Clef et contre-clefs : PT [1] Derrière la douelle, MOH [1] sur 0m40 à la clef, 9m80 aux reins.		1° Pas d'évidem[ent] 2° »

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II. p. II, n° 6.

SÉRIE $\widehat{A}^1$ 1re (< 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

FONDATIONS *…ature du sol* Profondeur …us l'étiage Pressions sur le sol …kg : 0m01² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES: Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses: Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
…ive droite : *Rocher …parent* — — — …ve gauche : *…fre dur…. …il … très …semble qui … la consis… … du roc. »* (…)								
Rocher								
Rocher								D = 40312 livres (environ 180000f actuels)
Rocher	Fixe (Passe de 7m pour les blocs charriés) » Coins sous les couchis	6 » 1m40 *530mm*	22000 lires autrichiennes = 19052f	48f60		Voûte chargée de matériaux » »	$t_c + t'_v + t''_v$ = 370mm	D = 100000 lires autrichiennes = 86600f (non compris les abords du 1er pont.) D : S_p = 136f5 D : W = 7f0

…r le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3). C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *B*.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayon*	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *A 60° de la clef*	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg $\overline{0^{m}01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMEN DES TYMPAN 2° *DÉCORATI* *DES TÊTI*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Nydeck** *Suisse* 1840–1844 **Â**[1] r^{te} (⩾ 40m)6	*126m* *entre murs en retour* » 25 m	11m,10 *11m 82* Pas de fruit 0m90	Arc de cercle **45m,90** *18m 30* $\frac{1}{2,509} = 0,399$ *23m 61*	1m,80 *3m,75*	1m,80 *2m 40*	Bandeaux et Douelle : PT[1] Granit à 500k Queutage : MEV[1] pleins sur les 2/3 de la hauteur Grès à 211k *Chaux — 0mc 4* *Ciment — 0mc 4*		1° 6 voûtes longitudin[...] cachées et 2 voûte[...] transversa[...] annulaire[...] cachées de 9m60 2° »
Saint-Étienne *Autriche* 1842–1846 **Â**[1] r^{te} (⩾ 40m)7	*67m 50* *entre murs en retour* 0 »	8m,00 » Pas de fruit »	Arc de cercle **43m,60** *17m 64* $\frac{1}{2,471} = 0,404$ *21m 80*	1m,58 *2m,84* *aux retombées*		Bandeaux : PT[1] Crossettes Grand appareil. Refends. Douelle : PT[1] Grand appareil. Queutage : MOV[1]		1° 6 voûtes transversa[...] cachées en plein-ci[...] de 4m et 3[...] sur piles d[...] 1m00 2° »

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, p. II, n° 6.

SÉRIE $\widehat{A}^1$ r^{te} (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (*Suite*)

FONDATIONS *ture du sol* Profondeur ous l'étiage Pressions sur le sol kg 0m01² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
ve gauche : *Rocher* – 0m30 ive droite : *Rocher et gravier* *puisements*	Fixe *Sapin* Coins sous les couchis	7 *30cm* 1m50 »			A pleine épaisseur Aux reins, dans 6 joints, lames de plomb de 4mm5 d'épaisseur 75mm de largeur, à 30mm de la douelle.			D = 1 286 553f [6] (abords compris) D : S_p = 919f9 D : W = 42f6
Rocher » » *A sec*	Retroussé							D = 383 027f D : S_p = 709f3

our le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *B*.
6. Fontenay. Construction des viaducs, ponts-aqueducs, ponts et ponceaux en maçonnerie, p. 294

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE $\widehat{A}^{1}$ r^te^ (⩾ 40m)

MONOGRAPHIES

ANCIEN PONT SUR L'ALLIER A VIEILLE-BRIOUDE[1] (*HAUTE-LOIRE*)

Peut-être commencé avant 1340
Refait ou réparé à partir de 1454
Fini avant 1479
Ecroulé en 1822

$\widehat{A}^{1}$ r^te^ (⩾ 40m)1

1. Dates d'exécution. — *A.* - En 1340, Jean (dit Dauphinet), comte de Clermont, Dauphin d'Auvergne, Châtelain de Vieille-Brioude, lègue 100 sous tournois « *operi pontis.* »[2]

Dans des testaments des XIIIe, XIVe et XVe siècles, « *opus* » s'applique à une œuvre en cours ou achevée.[3, 4]

B. - Un inventaire des titres du Duché de Montpensier mentionne un « *parchemin contenant un prix fait pour la réfection du pont de Vieille-Brioude* « *du 15 juin 1454* » (S_8).

Ce parchemin n'a pas été retrouvé.

---

1. — A 4^km^ au Sud-Est de Brioude. Route nationale n° 102.

2. — 1340. « *Item legamus operi pontis Veteris Brivatæ centum solidos Turon. semel.* Baluze : « *Histoire généalogique de la maison d'Auvergne* », Tome II, p. 316 (Bibliothèque Nationale. L_m^3-42).

3. — Le pont d'Avignon a été fini en 1185, en partie détruit en 1226, refait en 1234, 1237 (Voir plus loin : Pont de Nyons, $\widehat{A}^{1}$ r^te^ (⩾ 40m)2 — renvoi 3, Tome II, p. 25).
On a trouvé des legs à l'œuvre du pont :
de 50 sous tournois en 1261, de 25 en 1269, de 20 en 1286.
« *Histoire de St-Benezet, berger, et des frères de l'œuvre du Pont d'Avignon, composée sur des* « *documents authentiques*, par Augustin Canron », — Carpentras, Devillario, imprimeur. (Bibliothèque Nationale. L_n^{27}-1522.)

Le pont Saint-Esprit a été commencé en 1265. On trouve des legs à l'œuvre en 1280, 1283. *Mémoire de l'Académie de Nîmes, VIIe série*, tome XVII, année 1894.)
« *Chronique et Cartulaire de l'œuvre des Eglise, Maison, Pont et Hopitaux du Saint-Esprit* », 1265-1791, par L. Brugnier-Roure (Nîmes, 1889-1895).

Dans la monographie du Vieux Pont de Céret, qui était commencé en 1321, j'ai cité des legs « *operi pontis* » de 1326, 1334 [C^{1} r^te^ (⩾ 40m)1 — Tome I, p. 15].

Dans celle du pont de Nyons, probablement achevé en 1409, je cite un legs de 1410 [$\widehat{A}^{1}$ r^te^ (⩾ 40m)2 — S_3, Tome II, p. 33.]

4. — Dans le « *Recueil historique et chronologique du Noble Chapitre de Saint-Julien de Brioude* », par de Combres de Lorie, Doyen dudit Chapitre en 1775, (Copie manuscrite, non signée ni datée, conservée à l'église Saint-Julien de Brioude), on lit : « *Ce pont..... a etté batty par l'ordre d'Anne Marie Louise de Dombes, en 1368.* »
De ceci, aucune preuve.
Cette Anne était arrière-petite-fille de Jean Dauphinet, fille de Béraud II, marié en 1357 ; elle avait au plus 10 ans en 1368. Elle n'a été dame de Dombes qu'en 1400, date à laquelle son mari, Louis II duc de Bourbon, est devenu Seigneur de Dombes (Voir Baluze : « *Histoire généalogique de la maison d'Auvergne.* »)

C. – « *un ancien ecrit... trouvé en mil sept cent trente quatre dans Les papiers* « *d'un particulier de vieille Brioude... Contient Ce qui suit.*

« *Le pont de vieille Brioude fut baillé aprix fait ajean grenier maçon de* « *Lugeac, et apierre astort du Lieu de Saint-ilpize, par les habitans de vieille* « *Brioude Le sixième jour de juin 1454 et dans L'an résolû fut fait Le premier arc* « *de La Crotaison*[5]*, et Leurs fut Baillé trois cens écus d'or*[6] *pour Leurs peines et* « *vacations, ainsy est al'obligation grossée...* »[7] (S_4).

Cette pièce n'a pas été retrouvée.

Si on avait adjugé en juin 1454 une voûte de 54^m, on n'en aurait pas clavé le 1er rouleau « *dans L'an résolû* », ou alors, il ne s'agit que d'une réfection.

D. – Dans l'édition de 1509 de son traité « *de artificiali Perspectiva* » (S_{11}), Pelerin (dit Viator) donne la perspective d'un pont en ogive mousse, avec, au bas, cette indication :

« *Trente ans a passay en errãt*

« *Du puy ce pont a mõtferrand.* »

Bien que peu ressemblant, c'est très probablement le croquis du pont de Vieille-Brioude.

Pelerin l'aurait donc vu en 1479.

En résumé :

Le pont était peut-être commencé en 1340 *(A)*.

D'après l'écrit *(C)* et l'inventaire officiel *(B)*, on a donné l'exécution ou la réfection du pont « *aprix fait* » en juin 1454.

Le pont était très probablement fini en 1479 *(D)*.

2. Péage au profit des Ducs d'Orléans.

— Au XVIIe[8] et au XVIIIe siècles[9], il y avait sur le pont un péage au profit des ducs d'Orléans, lesquels étaient comtes de Montpensier par le mariage, en 1626, de Gaston d'Orléans et de Marie de Bourbon-Montpensier, et descendaient, par elle, des Dauphins d'Auvergne, châtelains de Vieille-Brioude.[8]

5. — *Crotatus* : Voûte (Du Cange).

6. — Leber évalue à 2749,80 de nos francs (en pouvoir d'achat) une somme de 60 ecus d'or en 1452 (soit à 45f83 l'écu d'or), à 18.216.000 de nos francs une amende de 400.000 écus en 1453 (soit à 45f54 l'écu). « *Essai sur l'appréciation de la fortune privée au Moyen-âge* » Paris, 1847, in-8°, p. 152, 153 et 146, 147.
300 écus d'or vaudraient alors en nombre rond 13.700 de nos francs.

7. — Ce document est reproduit avec de légères variantes :
1° - par Duranson, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Brioude, en 1794, qui n'en donne pas l'origine (S_2, p. 57) ;
2° - sur un profil signé de l'Ingénieur en chef O'Farrell, le 5 février 1794 (S'_3), comme « *Extrait des Archives du Chapitre de Brioude* ». Ces archives ont disparu.

8. — L'inventaire (S_8) vise un bail de la ferme du péage, du 7 juin 1666.

9. — « *.....M. le duc d'Orléans, qui est Seigneur de ce bourg, et qui a un droit de peage sur les* « *marchandises et bestiaux qui passent sur ce pont.........*
« *Ces Réparations..... doivent estre à la charge de Son altesse, ayant un droit de peage sur ce pont,* « *jusques aprésant ce prince en a fait dans tous les temps la dépense,....* » (S'''_7).
Voir aussi un acte notarié relatif à la ferme du péage, en date du 29 décembre 1726 (S_{10}, p. 208, 209).

3. Dessins et dimensions. — Les figures f_1 f_2 sont réduites d'un dessin original au 1/108e (S'$_1$) : les dimensions indiquées sont celles données par Dijon en 1754 (S_1), et celles des dessins au 1/432e de la « *Collection des Ponts de France.* »[10]

f_3 — Coupe en travers à la clef — 3mm

La figure f_2 est réduite d'un original, au 1/432e (S'$_3$), du 5 février 1794.

D'après Duranson (S_2), la montée est de 58 pieds ; la corde joignant les naissances, de 168 pieds (54m57). Mais, une naissance étant plus haute que l'autre, la portée comptée horizontalement à son niveau, est 167 pieds 6 lignes (54m26).

C'est, à 6 lignes près, ce que donne f_2.

On peut donc admettre que la voûte de Vieille-Brioude était en arc de cercle de 54m26 de portée, 18m84 de montée, 28m95 de rayon, surbaissée à 1/2, 88[11].

4. Epaisseur à la clef. — Dijon, Duranson, tous les dessins et rapports, donnent sur les têtes, 7 pieds = 2m274.

Après la chute du pont, — peut-être pour l'expliquer, — on prétendit que cette épaisseur était fort réduite sur l'axe.

Lamandé écrit fin 1822 :

« *La partie de la voûte comprise entre les têtes n'était formée* « *que d'un seul rang de voussoirs et n'avait qu'une épaisseur* « *de 0m53 en pierre de taille de brèche volcanique de mauvaise* « *qualité.* » (S''$_1$).

Or, on n'a pu, après la chute, faire de constatations que sur les 6m restés debout. Il est possible que la partie appareillée en voûte n'y eût entre les têtes que 0m53. Mais il n'en était pas de même à la clef, comme l'a formellement constaté O'Farrell dans son rapport du 5 février 1794 (S'$_5$ - Voir l'extrait cité plus loin).

5. Matériaux. — Dijon, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Riom, qui avait dans son service le pont de Vieille-Brioude, écrit en 1754 (S_1) :

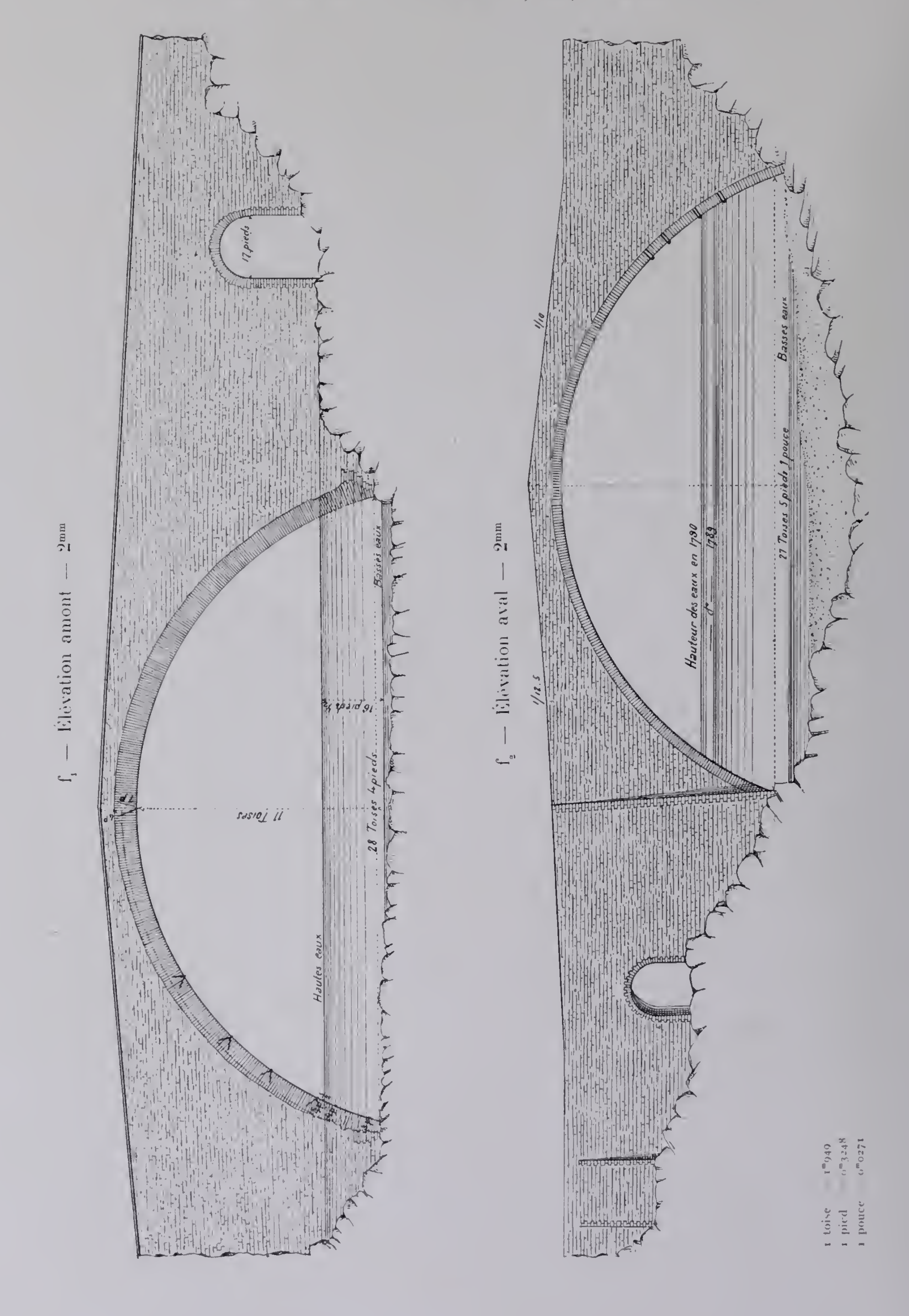
« *L'arche est entièrement Construite depierre detaille les quatres premières* « *assises audessus du roc Sont d'une pierre Blancheatre très dure..... qui C'est* « *Bien conservée.... tous Le Surplus dela pierre detaille est d'un gris brun* « *rougeatre..... Beaucoup... en les pressant entre les doits se réduisent en poussière....* « *L'église de Saint-juillien de Brioude*[12]*... (est) Batie de Cette même pierre.*

« *La plus part des pierres dela tête delarche du Côté d'amont qui fait face* « *au midy, et surtout du Côté de vieille Brioude Sont usées et mangées de vétusté* « *Celles dudessous de la route sont apeu près dans Le même etat, mais celles dela* « *tête d'aval qui regarde Le nord, Se Sont Beaucoup mieux Conservées.....*

10. — Catalogue des Manuscrits de l'Ecole des Ponts et Chaussées, n° 149.

11. — « *Deux hommes qui se tiennent sous le pont de chaque côté..... s'entendent fort aisément* « *quoiqu'ils parlent d'un ton assez bas...* » (S_6). Cette observation est également faite par Dijon (S_1).

12. — A Saint-Julien (XIIe-XIIIe) beaucoup de pierres sont effritées. C'est un tuf volcanique celluleux, - de diverses couleurs, surtout rouge, - assez résistant (500 à 600k), - non gelif, mais fort attaqué par l'humidité.



f_1 — Élévation amont — 2mm

f_2 — Élévation aval — 2mm

« *Laplus grande partie des roussoirs de l'arc d'amont et d'aval du Costé de* « *vieille Brioude.... Sont Cassés en plusieurs endroits.... C'est Ce qui a obligé des* « *plates-Bandes defer Sous L'arche, retenües aux têtes par des êtriers...* [13]

« *...il y a plusieurs assises de rontsoirs qui n'ont que cinq et Six ponces* « (13ᶜᵐ et 16ᶜᵐ) *d'epaisseur aladouelle, Les autres roussoirs ont depuis neuf jus-* « *qu'à onze ponces* (24ᶜᵐ à 30ᶜᵐ) *d'épaisseurs. Le tout de 12, 14, 18 20 et 21 pouces* « *de Longueur aladonelle* (32ᶜᵐ, 38ᶜᵐ, 49ᶜᵐ, 54ᶜᵐ, 57ᶜᵐ), *Sur Sept pieds de Coupe ala* « *clef.*

« *Les mortiers qui Sont de chaux et Sable deririère Sont Bons, très durs et* « *Bien Conservés,....*

« *Les joints de Lit ont 6, 7 et même jusqu'à 12 Lignes* (13ᵐᵐ, 16ᵐᵐ, 27ᵐᵐ) *et Les* « *joints montants 3 et 4 Lignes* (7ᵐᵐ et 9ᵐᵐ).....

« *Les moilons, dont Les faces du pont Sont Batis audéla des têtes del'arche.... Sont de Bonne qualité, et toute La maçonnerie en moilon est entrès bon état* ».

Dans son rapport du 5 février 1794 (S'_3), l'Ingénieur en chef O'Farrel dit :

« *Cet ancien édifice..... se trouve bon dans son intérieur, ce qui a été reconnu* « *par des sondes : Son revêtement est véritablement en partie composé de pierres* « *de mauvaise qualité.... : mais la maçonnerie de son intérieur ne forme qu'un* « *seul corps ; l'épaisseur de la voûte... est de sept pieds..... depuis deux ans, la* « *route y est établie et.... pendant cette année il a supporté les convois de guerre les* « *plus lourds : Il n'y a aucun dérangement dans la courbure de l'arche ni dans* « *les aplombs de ses faces : si ce n'est en un point de la face d'amont, où trois ou* « *quatre têtes s'étant trouvées de mauvaise qualité, et ayant souffert dans le cours* « *de leurs douelles quelques fentes verticales (vraissemblablement lors du décein-* « *trement), ont boucle d'environ deux pouces ; mais ces fentes ont été sondées et* « *l'on s'est assuré qu'elles ne pénètrent pas dans la maçonnerie de la voûte, de* « *sorte que les tirans en fer qu'on y voit, n'y sont pas d'une grande utilité, ce qui* « *est démontré par le défaut de quelques clavettes qui y manquent depuis très* « *longtemps, sans que la boucléе dont il vient d'être question aye fait aucun progrès.* « *Certaines parties des murs d'avenue seulement, présentent des surplombs dange-* « *reux....* (S'_3).

Duranson, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Brioude, écrit :

« *Ce pont, si l'on en excepte quelques rangs de pierres de grès dur employé* « *vers les naissances, a presque tous ses roussoirs composés de pierres volcaniques,* « *couleur de terre, qui se décomposent à l'air, mais, en revanche, le mortier qui les* « *lie est aussi dur que le roc le plus vif....* » (S_2).

« *...Tout y est mesquin ou vilain.*

« *...Les tympans.... ainsi que les murs d'avenue et ses parapets sont composés* « *de grosses et petites pierres informes, posées par assises irrégulières, absolument* « *sans goût....* » (S_2).

13. — 4 de ces étriers sont indiqués sur une image, publiée en 1719 « *dessinée sur les lieux* » (S_6), et sur l'élévation (S'_3). — Le bail de 1712 (S'_1) prévoit la pose d' « *un autre tiran de fer de la même façon et qualité que les anciens qui y sont* ».

6. Défaut d'entretien. — En 1712[14], on décide :

1° – de « *faire une reprise à l'arcadde...* »

2° – de poser « *a l'endroit de quatre banderets.... qui menacent ruine.... un* « *autre tiran de fer...* »

3° – « *...Pour Empecher qu'a ladrenir les Eaux plurialles ne percent l'arcadde* « *et ne la fassent perir* », de « *relever le pavé....., et reposer sur mortier de ciment* « *avec un tiers de chaux.* » (S'_7).

Une requête adressée à l'Intendant d'Auvergne, à laquelle on a répondu en décembre 1759, exprime la crainte de « *la ruine prochaine du pont à cause du peu* « *de soin qu'on y a porté depuis longtemps pour l'entretenir.* » (S^{IV}_7).

Quand on y remit la circulation en 1794, « *il y avait* (alors) *plus de 40 ans* « (1753-1794) *que ce pont était abandonné sans aucun entretien. La voûte n'était* « *pas garantie par une chape en mortier et les lézardes qui la traversaient donnaient* « *passage aux filtrations....* » (S''_4).

7. Construction d'un pont en aval. Sa chute. — Les voitures avaient peine à passer par les chemins d'accès en forte rampe et courbes raides.

De 1750 à 1753, on construisit à une demi-lieue en aval, à La Bajasse, un pont à 3 arches dont la principale (23^m^40), en pierre tendre, « *s'écroula immédiatement* » *après le décintrement* ». (S_9).

On refit la voûte ; mais plus tard, en 1783, le pont fut emporté par une crue.

Le 25 août 1788, on avait adjugé un pont à 2 arcs au 1/4 estimé 507.664 livres (S''_3).

Gauthey, qui examina les lieux dans sa première tournée d'inspection, vers la fin de 1791, prescrivit, — au lieu de refaire le pont une troisième fois —, d'utiliser l'ancien, qui lui « *parut susceptible d'offrir encore un passage sûr....* » (S_9).

8. Exhaussement et restauration de l'ancien pont (1794-1806).

— L'Ingénieur en chef O'Farrel dressa, d'après les indications de Gauthey, et présenta le 17 pluviose an 2 (5 février 1794) un projet de restauration.

Il proposait d'accoler au pont, à l'amont et à l'aval, deux anneaux de 6 pieds 3 pouces d'épaisseur, bordés d'une archivolte imitée de celle de Lavaur[15, 16].

14. — Je n'ai trouvé aucune pièce antérieure.

15. — Son rapport (S'_5) a été envoyé à Paris ainsi recommandé :
« *Le Représentant du peuple français....*
« *A pris lecture du présent memoire d'aprés lequel il résulte une grande vérité, qui est celle que le* « *plan proposé par le citoyen offarel..... presente des grands avantages... détaillés dans le présent mémoire* « *que j'affirme être vraie et convenable aux intérêts de la nation.*
« *J'invite donc le ministre de l'intérieur de prendre en Grande Considération le plan proposé pour* « *faire réparer le pont de vielle-Brioude qui sera eternel de préférence à tous autres..... ruineux pour la* « *république.*
« *j'invite également le commité des Ponts et travaux publics de peser dans sa sagesse lequel est celui* « *des plans qui convient le mieux : mais, jaloux de travailler pour l'interêt public, je crois devoir lui* « *assurer que celui de vielle-Brioude est le plus économique, le plus sur et aufin celui dont on peut jouir* « *en le réparant* ».
Au Puy, le 21e pluviose, l'an 2 de la République une et indivisible.
Solon Reynaud.

16. — E^1 r^te^ ($>$ 40^m^)^2 - Tome I, p. 97.

« *l'Assemblée des Ponts et Chaussées* » dans sa séance du 16 ventôse an 2e (S''_{5})

....

« *étant informée que l'arche ... était solide* » rejeta ces deux placages, décida d'exhausser « *de 3 pieds le sol du pont, au lieu de 6 pieds* », de « *donner 16 pieds* (au lieu de 15 pieds 3 pouces) *entre les parapets, par un encorbellement* » [17].

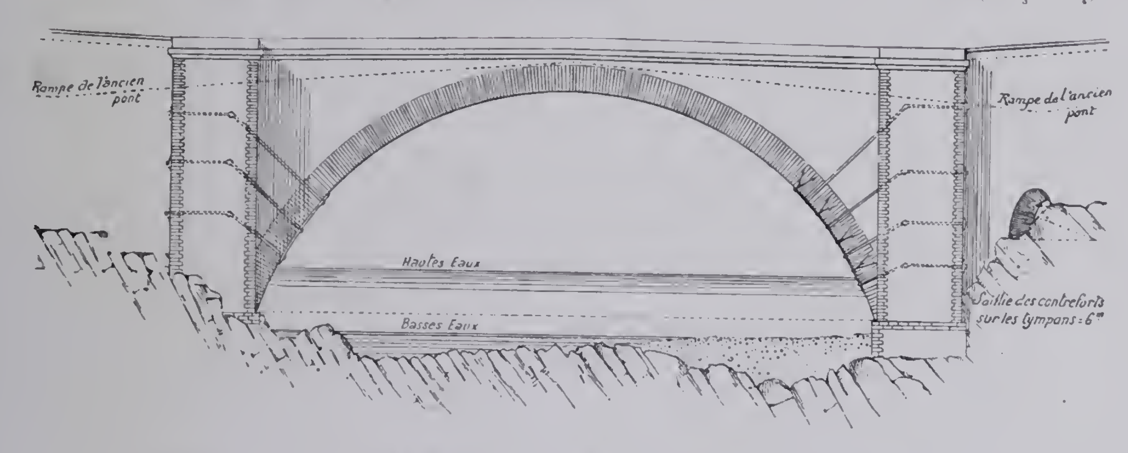
On rectifia en conséquence le projet, et on adjugea les travaux le 18 Thermidor an II (5 août 1794) pour 273.643 livres 4 sous 1 denier.

Mais on ne les commença pas, et le marché fut résilié. Ils furent repris en l'an V, interrompus, puis repris en l'an IX (S'''_{4}).

Au 7 Fructidor an XI (25 août 1803), on n'avait encore dépensé que 67.960 livres, et il restait à faire 183.248 livres de travaux.

Voici une élévation d'après le dessin du 8 Messidor an XI (27 juin 1803) [18] :

f_4 — Pont exhaussé et « restauré » (1806 à 1822) — Élévation aval — 1mm5 (S'''_{3}, S'''_{4})



Le remblai y a environ 1m40 à la clef, 3m aux naissances.

« *Les réparations à la voûte consistèrent à remplir en mortier de chaux et ciment*
« *plusieurs lézardes,... à faire une chape et un enduit général en même mortier, et*
« *à s'opposer à l'écartement des têtes et de la voûte et au progrès des lézardes en*
« *plaçant plusieurs tirans en fer, d'une tête à l'autre.* » (S''_{4}).

Duranson dit que les travaux ont duré « *pendant plus de 20 ans avec de* « *modiques fonds annuels.* » (S_{2}).

Ils auraient alors été finis vers 1815.

Sur le dessin (S'''_{3}), on a écrit, sans date ni signature : « *Les travaux de restauration.... n'ont été terminés qu'en.... 1818 : ils ont coûté environ 250.000f* ».

On ne devait pas être sans quelque inquiétude sur la durée de l'ouvrage « *restauré* ».

17. — Ont signé : Demoustier, Gauthey, Bernard, Lebrun, Cessart, Duchemin, Bertrand, Limay, Lesage, Carrier, Ducros.

18. — La minute (S'''_{3}) porte bien la date du 8 messidor an XI (27 juin 1803), mais sans la signature de O' Farrell ; la copie (S'''_{4}) porte la signature, mais n'indique pas les tirants ancres dans les contreforts.

Sur un ancien dessin (S^v_3), on a écrit au crayon, sans doute à la suite d'une visite de l'ouvrage :

« *L'étrier du 3ᵉ tirant côté de rive droite a été brisé.... Les douelles, entre le 3ᵉ*
« *et le 2ᵉ tirant et entre les voussoirs des 2 têtes, sont épaufrées... ; les parements de*
« *ces douelles sont tombés sur environ 10ᶜᵐ d'épaisseur.... Toutes ces dégradations*
« *sont l'effet du poids de la pression...., il n'y a que les 2 reins qui ont éprouvé un*
« *mouvement.... »*

Il existe un projet de consolidation, du 15 décembre 1821, non signé (S^{iv}_3), consistant à soutenir les reins par deux massifs de maçonnerie de 7ᵐ d'épaisseur, 11ᵐ de hauteur, réduisant la portée à 37ᵐ environ. — Les reins sont représentés comme coupés de nombreuses fissures verticales et creusés d'épaufrures à 9ᵐ environ au-dessus des naissances.

9. Chute du pont (27 mars 1822). — Le vieux pont, fait pour les piétons et les bêtes de somme, abandonné pendant plus de 40 ans (1753-1794) sans chape ni entretien (S''_4), avec sa douelle pourrie, ses reins écrasés, résista quelques années au passage des grosses voitures et à une surcharge de remblai qui eût fatigué de jeunes ouvrages.

Il s'écroula « *le 27 mars 1822 à six heures du matin, presque subitement.* » (S''_4).

« *Les contreforts, construits en 1806, étaient restés intacts, ainsi que les pre-*
« *miers rangs de voussoirs sur 6ᵐ environ de hauteur.* » (S''_4).

Ç'avait été, pendant environ 4 siècles, la plus grande voûte du monde.

SOURCES :

S_1. — « *Mémoire sur L'anciennetté et Les dimentions du pont de vieille Brioude, sur La* « *rivière d'aillier en auvergne* », lu à l'assemblée littéraire de Clermont, le 25 août 1754, par M. Dijon (Bibliothèque de Clermont, 785-787, fol. 146).

Dijon figure, aux Etats des Ingénieurs des Ponts et Chaussées des 1ᵉʳ février 1754 et 1ᵉʳ avril 1755, comme Ingénieur de la Généralité de Riom. (laquelle comprenait Vieille-Brioude). (Manuscrits de l'Ecole des Ponts et Chaussées, 2729 bis).

S_2. — Mémoire manuscrit, signé et non daté, de Duranson, Ingénieur des Ponts et Chaussées, sur le Département de la Haute-Loire, publié par M. Jacotin, Archiviste départemental — Le Puy, 1904 (p. 55 à 58).

Duranson, né en 1763, commissionné en 1785 comme Ingénieur des Etats de Languedoc, puis en 1791 comme Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, figure aux états du Personnel des 1ᵉʳ may 1793 et 1ᵉʳ ventôse an VIII (20 février 1800), comme Ingénieur ordinaire en résidence à Brioude ; — à celui du 1ᵉʳ germinal an X (22 mars 1802) ; — de 1811, 1812, comme Ingénieur ordinaire au Puy.

Il a donc résidé à Brioude de 1793 à 1800, 1801.

S_3. — Archives de l'Ingénieur en chef de la Haute-Loire. - Carton 74, - D A - d.a., gracieusement mises à ma disposition par M. l'Ingénieur en chef Monnet :

Spécialement :

S'_3. — n° 4. Profils, élévation aval au 1/432e, signés par O'Farrell, « *le 17 pluviose an 2e* » (5 février 1794).

S''_3. — n° 2. Projet d'elargissement et d'exhaussement, signé par O'Farrel, le 17 pluviose, an 2e (7 février 1794).

S''^{bis}_3. — n° 5. Projet modifié d'après l'avis du Conseil des Ponts, du 16 ventôse, an 2e, signé par O'Farrell le 15 floréal an 2e (4 mai 1793).

S'''_3. — n° 6. Projet de restauration, daté du 8 messidor an XI (27 juin 1803) dont la copie qui, elle, est signée, est la pièce S'''_4.

S^{iv}_3. — n° 9. Projet de consolidation du 15 décembre 1821.

S^{v}_3. — n° 3. Minute, non signée ni datée, du dessin S^{iv}_4. Sur cette minute sont indiqués les tirants ancrés dans les contreforts. Ils ne figurent pas dans l'expédition S^{iv}_4. — Observations au crayon ajoutées ultérieurement.

Knight ou Pierre O'Farrell, dit aussi O'Farrell jeune, ou cadet est porté à l'état du Personnel du 1er may 1793 comme ayant 44 ans ; figure encore comme Ingénieur en chef au Puy à l'annuaire de 1814-15, mais non à celui de 1816, où il est remplacé par Ansquer.

S_4. — Archives du Ministère des Travaux Publics.

S'_4. — n° 87¹. Profil du côté d'amont du pont de Vieille-Brioude et coupe en travers au 1/108e, - dessin non daté, ni signé.

S''_4. — Rapport de l'Inspecteur général Lamandé du 30 décembre 1822.

S'''_4. — n° 87³. (voir S'''_3).

S^{iv}_4. — n° 87². Projet pour servir à l'exécution des travaux à faire en l'an 10e au moyen des 30.000^f accordés pour cet exercice ; - au Puy, le 22 Germinal an X (12 avril 1801) : - l'Ingénieur en Chef O'Farrell.

S_5. — Archives Nationales F¹⁴-845.

S'_5. — Mémoire de O'Farrell relatif au choix d'un emplacement de pont à faire sur la Rivière d'Allier près la commune de Brioude, - du 17e pluviose, l'an 2e (5 février 1794), accompagnant l'envoi du projet S''_3.

S''_5 — Avis de l'Assemblée des Ponts et Chaussées du 16 ventôse an 2e (6 mars 1794) sur le projet de O'Farrell du 17e pluviose, an 2e.

S'''_5. — Rapport de l'Ingénieur en Chef O'Farrell du 7e Fructidor an XIe (25 août 1803).

S_6. — « *L'antiquité expliquée et représentée en figures* » - tome quatrième, seconde Partie, par Dom Bernard de Montfaucon, Religieux Bénédictin de la Congregation de Saint-Maur, Paris MDCCXIX, p. 189 (Bibliothèque Nationale, Casier Q, n° 542).

S_7. — Archives de Clermont : N° 6453.

S'_7. — Bail des réparations — Pierre Teytey, adjudicataire, 13 aoust 1712.

S''_7. — Bail des crépissements..... à faire — Pierre Teytey, adjudicataire, xxix juillet 1713.

S'''_7. — Lettre de Montbrisé, subdélégué de Brioude, répondant à une lettre du 1er secrétaire de l'Intendance d'Auvergne du 20 avril 1748.

S^{iv}_7. — Requête à l'Intendant d'Auvergne signée par : de Beauregard, Syndic des Chemins royaux ; La Brousse du Boffand, Curé de Vieille-Brioude ; Gayte.

Ils obtiennent, le 16 décembre 1758, 80 livres.

S_8. — Archives Nationales R¹-1023 : « *Inventaire des tiltres, lettres et enseignements du* « *duché de Montpencier qui sont au trésor d'Aigueperce, du 18 7b 1724* », en 116 feuillets numérotés à l'encre rouge, au recto.

Au feuillet n° 69, recto, on lit :

« *Plus sept pièces attachées Ensemble.*

« *La première Est un titre une peau de parchemin contenant un prix fait pour la refection du Pont de Villebrionde du 15 juin 1454. Signé : depontet.* »

. . . .

« *La troisième, un Extrait de pancartes du droit de péaze due à Villebrionde.... par* « *Guiringaud......* »

« *La quatrième, un Bail de la ferme du péaze de Villebrionde fait par Guiringaud fermier....* « *le 7 juin 1666......* »

S_9. — Gauthey : « *Traité de la construction des Ponts* », Paris, Firmin-Didot 1809, tome I, p. 58, 59, 60, Pl. IV, fig. 56.

S_{10}. — « *Histoire de Vieil-Brioude par l'abbé Edouard Peyron, Curé de Vieil-Brioude* », Le Puy, — Prades-Freydier. — 1901.

S_{11}. — « *De artificiali Perspectiva* » — *Viator : Secundo* (c'est-à-dire 2e édition), Toul, 1509 (Bibliothèque Nationale, Rés. V-151).

La planche après B-V recto, donne une image d'une arche sur la route du Puy à Clermont — à forte pente, entre deux rochers, qui est très vraisemblablement le pont de Vieille-Brioude. Elle est indiquée en arc surhaussé (ogive avec pointe mousse). Dans une réédition de 1635 (Bibliothèque Nationale, Rés. V-2080), Mathurin Jousse, de La Flèche, le donne en plein cintre, Pl. XXXIII, sans titre ni indication.

Dans des lettres à M. A. de Montaiglon, professeur à l'École des Chartes (Paris, librairie Tross, 1861) (Bibliothèque Nationale V-39214), M. Benjamin Fillon établit que Jean Pelerin dit Viator est né en Anjou vers 1440, — qu'il a été secrétaire de Commynes jusqu'en 1483, — qu'il fut nommé chanoine de Toul ; — que, de son vivant, il y a eu 3 éditions de sa « Perspective » : 1505, 1509, 1521. « *Ce serait en vain,* dit-il, *qu'on lui demanderait des images exactes des* « *monuments... Les cathédrales de Paris.... Les ponts de.... Brioude.... ne conservent sous son* « *compas et sa plume, que tout juste assez de leur physionomie propre pour qu'on les reconnaisse....* »

PONT SUR L'EYGUES A NYONS (DRÔME)

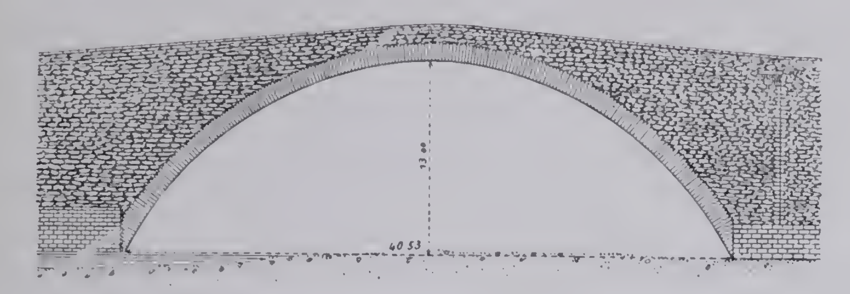
commencé après 1351
peut-être fini en 1407

$\widehat{A}^{1}$ r^{te} ($\geqslant$ 40m)2

1. Principales dispositions. — De ce pont, je n'ai pas trouvé de dessin. Voici une élévation, restituée d'après une photographie (S_5) :



f_1 — Élévation amont — 2mm (S_5)[1]



L'intrados est un arc de cercle un peu déformé[2] : il est peu surbaissé (1 3,12), comme, dans la même région, les ponts les plus anciens d'Avignon[3], de la Guillotière[4], de Pont-St-Esprit[5].

1. — Portée et montée qu'a bien voulu relever, sur ma demande, M. Rey, Conducteur des Ponts et Chaussées à Nyons.

2. — En comparant une photographie de la voûte et un arc de cercle de même portée et même montée, on constate que les reins de la voûte sont plus bas.

3. — Il parait avoir été commencé par Saint-Bénézet et ses compagnons en 1177, peut-être avant : il était achevé en janvier 1185, deux ans avant sa mort (S'_7).

Il fut ruiné, en partie, pendant le siège d'Avignon par Louis VIII, en 1226 (S''_7). Il était refait en 1237 (S'''_7) à un niveau plus haut et un peu en aval ? (S'_7).

Des arches en bois furent brûlées en 1395 (S^{IV}_7), en 1410 (S'_7). Une arche de pierre fut ruinée en septembre 1410 (S^{IV}_7).

Pendant les XVe et XVIe siècles, on le répara continuellement (S'_7). On y renonça un peu après 1660 (S'_7).

Il n'est pas du tout sûr que le pont ait jamais été complet, avec toutes ses arches en pierre (X).

Des 22 arches (S'_7) du pont primitif, il reste aujourd'hui une arche sur le quai, 3 en rivière. Celles-ci sont en arc de 31m80, 31m, 34m80, surbaissées à 1 2,86, 1 2,81, 1 2,82. (Dessin signé par l'Ingénieur en chef Perrier le 1er juillet 1857, qu'a bien voulu me communiquer M. l'Ingénieur en chef Gubiand).

4. — La construction du « *Pont du Rosne* » aurait commencé à la fin du XIIe sous les auspices du Pape Innocent IV et duré plus d'un siècle (Rapport de M. l'Ingénieur Eymar, 10 avril 1908).

Des 9 arches de l'ancien pont, il en reste peut-être 5, de 22m50 à 24m64, une surbaissée à 1 3,134, 4 surbaissées de 1 2,459 à 1 2,595.

5. — Aujourd'hui 17 arches de 22m50 à 35m20, toutes en arc un peu déformé. La plus grande a 35m20 et est surbaissée à 1 3,45 environ (Dessins de l'Ingénieur ordinaire Thouvenot - 17 mai 1861 -, qu'a bien voulu me communiquer M. l'Ingenieur en chef Denizet).

La première pierre a été posée le 12 septembre 1265 (S_6, p. XXXI).

Il a été ouvert à la circulation en 1309 (S_6, p. XL).

(X). — Dans une bulle du pape Martin IV, du 28 mars 1281, on lit : « ....*pons Rodani Avinionensis, qui nondum complexus* « *extitit.* » (S^{IV}_7) Voir aussi l'observation à la suite de S''_7.

Aux naissances, il y a 4 guideaux en pierre de taille à bossages.

La culée rive gauche est traversée par un passage de 2^m46 d'ouverture, en plein cintre sur la section droite, avec cordon aux naissances, qui semble romain.

Peut-être les fondations sont-elles romaines ?

Φ — amont (S.)



2. Histoire.

A. – *5 février 1361.* — *Prix fait avec Thibault de Noyx* (S'₁). — Mᵉ Thibault de Noyx, maçon et tailleur de pierre, s'engage vis-à-vis des gens de Nyons à bâtir sur l'Eygues « *un arc de pierre bonne et suffisante.....* » La Communauté lui paiera « *820 florins d'or au coin du prince d'Orange..... et du* « *drap jusques à la valleur de 20 florins d'or* ». Elle lui fournira la chaux, transportera les bois à pied-d'œuvre, lui procurera « *20 bons et puissants hommes* « *lorsqu'il faudra oster l'eau de la Rivière.* »

B. – En 1398, on n'avait encore fait que les culées (S''₁). — Le 4 mars 1398, on traite avec un autre entrepreneur pour continuer le pont : « *prout fuit et est* « *inceptus inter duas pillas de uno arcu.* » (S''₁).

Dans ce contrat, il est question des accidents qui ont eu lieu « *ob deffectum* « *pontis qui jam diu est inceptus.* » (S''₁).

C. - 4 mars 1398. — Prix fait pour la continuation du pont, avec Guillaume de Pays (ou de Paix ou Pays) (S''_1). — Guillaume de Pays, carrier et charpentier de Romans, s'engage à construire un pont « *bonus et sufficiens de bonis lapidibus scizis...* »

La Communauté achètera les arbres pour le cintre : elle amènera à pied-d'œuvre les bois, la chaux, le sable et les pierres.

Guillaume de Pays recevra 1200 florins d'or, deux écus d'or du roi de France[6] comptés pour 3 florins[7], « *douze charges de blé,... six mesures de bon vin pur,... six quintaux de viande salée,... un logement avec quatre lits...* » Des hommes de Nyons l'aideront à lever le cintre..... Il fournira les fers et l'appareil de montage ce pour quoi il recevra, en plus, 25 florins.

D. - 25 février 1399. — Mandement de l'évêque de Die (S'''_1). — Jean de Poitiers, évêque de Die et de Valence, enjoint sous peine d'excommunication aux abbés, prieurs, vicaires, chapelains, curés et clercs, de bien recevoir les gens qui viendront quêter pour le pont, de réunir le peuple, de lui démontrer la nécessité de ce pont et de l'engager à donner. A tous ceux qui donneront et aideront de leurs mains, il remet 40 jours de pénitence.[8]

De plus, sur les legs laissés sans désignations spéciales pour œuvres pies dans l'Archiprêtré de Désert, il sera, pendant deux ans, prélevé pour le pont 60 florins d'or, à la requête des Maîtres de l'œuvre.

E. - Acte du 8 septembre 1399 (S_3). — Guillaume de Pont et Vincent Fabre sont nommés par la Commune, Procureurs ou Commissaires (Administrateurs-délégués).

F. - 5 février 1400 (S^{IV}_1). — Jacques de Beaulieu, Ingénieur en chef du Dauphiné[9], était venu visiter le cintre en bois construit par Guillaume de Pays. Il le déclara mauvais et insuffisant pour porter le poids du pont.

Guillaume de Pays dut alors se procurer des cautions pour répondre de l'achèvement du pont dans les conditions du contrat vis-à-vis des Maîtres de l'œuvre : Bertrand Coruillion, Ponce Bernard et Guillaume Lambert.[10]

G. - 15 février 1407 (S_2). — Guillaume Lambert de Nyons « *operarius* », c'est-à-dire un des maîtres de l'œuvre du pont, déclare devoir à la Communauté

6. — Charles VI.

7. — Soit 800 écus d'or.

8. — De même, un siecle plus tôt, les Evêques avaient accordé des privileges à ceux qui quêtaient pour le pont St-Esprit : les cloches annonçaient leur arrivée, les curés les recommandaient en chaire. (S_6, p. XXXIII).
De 1281 à 1431, les papes recommandent de bien recevoir les quêteurs pour le Pont d'Avignon, remettent des pénitences à ceux qui auront travaille au pont et donne pour son œuvre (S^{IV}_7).

9. — « *magister operum dalphinalium* ».

10. — « *operarios, thesaurarios et receptores operis pontis* ».

de Nyons 20 florins d'or, un gros, 14 deniers, comme compte final du pont.

H. - 1410. — Testament de Beatrix du Puy, dame de Brueis (S_3). — La Dame de Brueis avait légué une somme pour les ponts du Dauphiné. Ses exécuteurs testamentaires décidèrent en 1410, qu'après avoir acquitté d'autres legs, le reste serait employé à l' « *œuvre pie du pont de Nyons* »[11].

I. - Ressources pour l'exécution du pont. — Pour le pont, les habitants s'étaient imposé un « *vingtain sur tous leurs fruicts, denrées et marchandises.* »[12] (S_3).

A cette contribution, s'ajoutaient les dons, quêtes, aumônes, legs.

J. - « Tour » sur le sommet de la voûte (S_4). — « *Au sommet de son ceintre,*
« *s'élève une tour en cube quarré de deux toises, couverte d'un dôme, et qui présente*
« *une porte sur chaque avenue du pont, pour admettre, refuser ou arrêter les*
« *passants.* » (S_4).

Elle n'existe plus.[13].

K. - Résumé. — En résumé, le pont de Nyons a été commencé après 1351.

En 1398, il n'y avait que les culées de faites.

Le pont a peut-être été fini en 1407.

11. — Le pont pouvait être achevé. On relève quantité de legs à des ponts achevés [Voir la monographie de l'ancien pont de Vieille-Brioude. $\hat{A}^1$ r^{te} (≥ 40m)^I, renvoi 3, - Tome II, p. 15].

12. — « *ainsi qu'il résulte par les actes des baux.... passez à divers rentiers et par les mandats qu'on faisait sur eux aux ouvriers.... reçeus par Maistre Mége, notaire de Nyons.* » (S_3, p. 32).

Ces actes n'ont pas été retrouvés.

13. — Elle est vaguement indiquée sur un plan cadastral, à 1/1250, de 1824.

SOURCES :

– – – – – – – parties qui manquent dans les textes.

. . . . parties inutiles, non reproduites.

S_1. — Archives de la Mairie de Nyons. DD. 8.

S'_1. — 5 février 1361. Contrat devant notaire entre les habitants réunis en Conseil de ville et Thibault de Noyx.

(Cette pièce n'est pas un original : c'est une traduction probablement faite au XVIIIe siècle).

« *1361* »

« *5 février* » « *Battiment du Pont* »

« *Au nom de dieu Amen sçachent tous.... que l'an mil trois cent soixante un ce cinquieme*
« *fevrier en prée de moy notaire sous escrit et temoins sous nommés..... comme aussy faisant pactes*
« *ensemblablement avec maistre Thibaut de Noyx, masson et tailleur de pierre, d'une part, comme*

« *aussy me Reymond Radulphe, notaire, Guilhaume Rougier et Gyrandbuys, ouvriers*[14] *du pont* « *dud. lieu, d'autre premièrement.....* (suivent 153 noms d'habitants de Nyons),

« *Ont convenu des pactes et Conventions sous escrites comme sensuit :*

« *Premièrement que led. me Thibaud a promis.... fere et Bastir en la Riviere degues...... un* « *arc de pierre bonne et suffisante, de la longueur au pied de six cannes*[15] *et en auteur de cinq* « *cannes, Item de la largeur au pied de trois cannes et au dessus de deux cannes et demy..... Item, a* « *promis led. me Thibaud fere caver le lieu de Sud-Arcade jusques qu'on trouve le roc ou argille ou* « *terre ferme, et que si l'on ne trouvait la roche ou argille ou terre ferme, en ce cas serait* « *tenu de fere un arc de bois convenable de la auteur de dix pans*[16], *Item a promis led.* « *me Thibaud, fournir de plomb au fer, etant parvenu a droite ligne, jusques a hauteur de leau* « *degues tant qu'il pourra craitre et tant qu'il suffira, et ce que dessus a promis fere et accomplir* « *convenablement d'icy a la prochaine feste de lassomption de notre dame..... Premièrement* « *lesd ouvriers*[14] *et autres de lad. Communauté susnommés avec ledit sieur Bertrand comme* « *baillif mais comme conseigneur dudit lieu tous ensemblement et chacun d'eux a son nom propre,* « *et au nom de toute lad. Communaute ont promis de payer audit maistre Thibaud..... pour fere* « *lad. Arcade comme dit est, premièrement huit cents vingt florins d'or, au Coin du prince d'orange* « *dit delgralie, et du drap jusques a la valleur de vingt florins d'or, Item ont promis luy procu-* « *rer de chaux autant qu'il en sera de besoin au depens de lad. ville, Item que tout ce qui se fera* « *de futaille apartiendra aud. ouvrier, Item que la Communaute fera porter toute futaille près de* « *louvrage et led. Thibaud fera scier le tout, Item que led. maistre pourra prendre futaille partout* « *ou Il en trouvera au terroir dudit lieu en payant, portes aux despans de lad. Communaute, Item* « *qu'estant les pierres que futailles et autres choses necessaires ne seront tenus les fere porter.... Item* « *sera procuré aud. me Thibaud de vingt bons et puissants hommes lorsquil faudra oster leau de* « *la Riviere et le prix sera paye sçavoir trente florins d'or a sa requeste, et le reste ainsy qu'il* « *avancera la besongne, sauf qu'il restera deux cents florins d'or jusques que lad. Arcade sera* « *parachevée...... »*

S''_1. — Acte du 4 mars 1398, Jean Dye, notaire public. — Convention entre les gens de Nyons et Guillaume de Pays, pour la continuation du Pont[17].

Cet acte est transcrit dans S^{IV}_1.

« *In Christi nomine, amen. Anno incarnationis ejusdem millesimo tricentesimo nonagesimo* « *octava et die quarta mensis marcii...---...---* (ici 10 noms d'habitants de Nyons) *nominibus suis ---* « *ac...nomine omnium et singularum personarum universitatis de Nyhoniis, habentes ad hoc plenariam* « *potestatem ab universitate predicta et de voluntate omnium personarum dicti loci seu majoris partis* « *ejusdem universitatis ac cum licentia et auctoritate nobilis viri Petri Gaudelini baillivi domini* « *Stephani Alamandi.... judicis majoris et providi viri Johannis Bucheti procuratoris fiscalis dicti* « *loci pro evittando dampna et submerciones que anno quolibet perveniunt et fiunt in aqua Yquarum* « *ob deffectum pontis qui jam diu est inceptus--- prope villam de Nyhoniis...., omnes predicti suis et* « *quibus supra nominibus dictum pontem ad construendum et edifficandum de novo--- ad precium* « *factum magistro--- de Poy, lapicide et charpenterio, habitatori de Romanis, presenti et accep-* « *tanti per modum et formam infrascriptas et sub pactis et conventionibus infra particulariter* « *descriptis...---...---... Primo quod fiet unus pons bonus et sufficiens de bonis lapidibus scizis* « *scilicet lattitudinis prout fuit et est inceptus inter duas pillas de uno arcu, videlicet de lapidibus* « *qui sunt circumcirca--- de lapidibus de Thona*[18], *de Peruia, de arboribus de meliari. Item quod* « *nisi sufficiant illi lapides qui sunt ibidem, quod ipse magister Guillelmus teneatur suis sumptibus* « *extrahere et scindere thonam*[18] *et universitas in pede pontis adducere. Item quod ipse magister*

14. — On a probablement traduit à tort par ouvriers, « operarii », = maitres de l'œuvre.

15. — Une canne vaudrait 2m (S_6, p. LXVIII).
La longueur au pied est évidemment fausse.

16. — Un pan vaudrait 0m25 (S_4, p. LXIX).

17. — J'ai fait transcrire ce document par un Chartiste.

18. — Tuf ?

« *---facere bonas et sufficientes anchias Sindrias*[19] *---... pra dicto ponte construendo necessarias*
« *suis propriis expensis excepta quod universitas emere debeat arbores et eas adducere in pede*
« *pontis et dictus magister ipsas debeat scindere--...--...---... Item quod fieri debeat de longitudine*
« *dicti pontis anchiarum bonas--- a qualibet latere de lapidibus (?) pantreriis et desuper de*
« *lapidibus seizis rotundis ibidem affixis cum barris ferreis et cum--- que--- (p) arabande sive*
« *altitudinis unius dymidie cane...---.... Item quad facto et completa opere predicta omnes magerie*
« *et fustalhia sindriorum et etiam ferramenta et..--.. remaneant et esse debeant dicte universitati.*
« *Item quad ipsa universitas--- non sit astricta---- ire quer---- mayerias nec aliquod aliud*
« *atractum ultra spacium sive distantiam unius leuce. Item quod idem magister Guillelmus*
« *teneatur scindere mayerias*[20] *et extrahere lapides in--- quod cadrige vel--- et lapides aducere.*
« *Item quod idem magister teneatur facere tale ingenium quod tres vel quatuor equi possint---*
« *trahere sive adducere....---.... Item quod universitas eidem habere debeat et adducere in pede*
« *operis pontis calcem, arenam, lapides necessarias----..--- ipsius universitatis expensis---*
« *magister---- promisit---- evangelia juravit dictum pontem et omnia opera predicta bene et*
« *legaliter facere et construere....----.... et pro predictis faciendis et construendis...--.. eidem*
« *magistra Guillelma de Pace dare et---- prenominati quibus supra nominibus summas et res*
« *infrascriptas sub pactis predictis et infrascriptis.... pra duodecim centis florenis auri curriliter*
« *computatis duobus scutisauri signi domini nostri Francorum regis pro tribus florenis. Item*
« *duodecim samatas*[21] *frumenti ad mensuram--- Item sex modia boni vini puri. Item sex quintalia*
« *carnium salsarum. Item eidem providetur sumptibus universitatis de uno hospitio cum quator*
« *lectis....---.... Item dicta universitas eidem habere debeat pro quolibet--- foco tria jornalia---*
« *quando ipsa voluerit habere. Item quando dicte---- erigentur---- omnes homines dicti loci*
« *habiles---- eumdem adjuvare debeant ad ipsas elevandum. Item quod---- providere dicto opere*
« *de ferramentis et clavis in eisdem opere et ponte necessariis et etiam de quadalbia et pro ipsis*
« *dicti homines quibus supra nominibus ultra predicta eidem magistro Guilelmo dare et solvere*
« *debeant viginti quinque florenos---- predictis eidem Guillelmo fieri---- et providere de aspis*
« *ferreis et plumbo in dictis parabandis necessariis. Item quod dictus magister Guillelmus habeat*
« *absque aliquo logerio---- sine---- dicte universitatis cum qua---- solebat---....---....---....*
« *Acta fuerunt---- in aula dalphinali de Nybonis, testibus presentibus.....* (suivent 6 noms)
« *habitatoribus dicti loci et me Johanne Dye publico notario qui predicta omnia---- manu mea*
« *propria scripti et meo signo quo utor---- hic subsignari. Ita est. Johannes Dye.*

S'''$_1$. — 25 février 1399. Mandement de Jean de Poitiers, Evêque de Die (parchemin de 29^{cm} de haut, 46^{cm} de large, scellé sur double queue (le sceau manque)[22].

« *Johannes de Pictavia, miseratione divina Diensis et Valentiensis episcopus et comes universis*
« *et singulis abbatibus prioribus vicariis perpetuis cappellanis curatis et non curatis et aliis*
« *ecclesiarum rectoribus et personis ecclesiasticis per civitatem et dyocesim Diensem constitutis*
« *eorum cuilibet ad quem vel ad quos presentes littere pervenerint aut locatenentibus ipsorum,*
« *salutem in Domino......---.... Sane ad nostrum pervenit auditum quod quidam proceres de*
« *Nybonis.... et quarumdem aliorum locorum circumvicinorum.... quemdam pontem supra fluvium*
« *aque Yquatum alias Egue extruere et ediifficare necessitate et probitate ceperunt cum itaque ad*
« *constructionem dicti pontis nulloppere sint facultates et opus ipsum immensa sumptuositate*
« *pensetur et ejus consumatio sine largitione helemosinarum Christi fidelium nequeat consumari.*
« *Igitur, nos volentes.... quod opus jamdictum tam pium et tam utile sui gaudeat benefficio comple-*
« *menti vobis omnibus et singulis..., precipimus et mandamus districtius injungentes...---... et sub*
« *excommunicacionis pena quatenus dum questor*[23] *seu questores depputati ad facteudum*
« *questam dicti pontis ad vos et parrocchias vestras accesserint..---..communiti pro questa hujusmodi*

19 — Cintres.
20. — *mayeria* - madrier.
21. — *Saumata - Onus equi sagmarii* (Du Cange) : Charge d'un cheval de bât.
22. — J'ai fait transcrire ce mandement par un Chartiste.
23. — Quêteur.

« *faciendu ipsos benigne recipiatis et curitative tractetis et cum rogati seu requisiti fueritis populum*
« *quamprimum monitu verbali et campanarum sonitu congregetis, seu congregari facietis eisdemque*
« *sigillatim et horethenus exponatis seu exponi faciatis et permitatis horis et locis congruentibus*
« *necessitatem utilitatem et consumationem operis pontis predicti, requirentes actentius et in*
« *Domino nostro Jhesu Christu farencius exortantes dictum populum vobis subdictum quatenus de*
« *bonis a Deo sibi collatis in premissis helemosinas faciant et elargiantur ad finem quod...---...*
« *dictum opus perfici valeat et compleri. Nos autem, de omnipotenti Dei et Domini nostri Jhesu*
« *Christi misericordia et beatissime Virginis Marie ejus gloriose genitricis et beatorum Petri et*
« *Pauli apostolorum intercessione confisi, omnibus et singulis nobis subditis qui dicto operi*
« *helemosinas impendent et ad constructionem prefati pontis manus suas porrexerint adjutrices,*
« *vere tamen penitentibus et confessis XL. dies de injunctis sibi penitentiis misericorditer relaxamus.*
« *Preterea..... damus et concedimus ad causam dicti operis perficiendi de legatis incertis pertinen-*
« *tibus ad pius causas omniaque inveni seu reperiri poterunt in archipresbiteratu deserti dicte*
« *nostre Diensis dyocesis usque ad summum et valorem sexaginta florenorum auri hinc ad duos*
« *annos proximos, dantes et concedentes procuratoribus et factoribus pontis predicti.... plenam et*
« *liberam potestatem... petendi, exigendi... et recuperandi legata predicta que invenire poterunt in*
« *dicto archipresbiteratu deserti infra tempus predictum usque ad summam et quantitatem*
« *dictorum sexaginta florrnorum.... Quo circa omnibus.... et singulis cappellanis, curatis et non*
« *curatis in dicto archipresbiteratu deserti constitutis harum tenore expressius damus in mandatis*
« *ut ipsis quociens et quandocumque fuerint requisiti ex nostri parte semel secundo tercio canonice*
« *et perhemptorie moneant omnes notarios habentes aliqua testamenta deffunctorum continentia*
« *aliqua legata in circa pertinentia ad pias causas et alios parrochianos suos debentes ipsa legata....*
« *quod ipsi infra decem dies proximos a monitionibus hujusmodi in antea computandos, ipsi notarii*
« *ipsos certifficent de dictis legatis satisfacto eis de labore et alii debentes solvant ea que debent*
« *seu debebantur infra biennium supradictum et hoc sub pena excommunicacionis quam si secus*
« *fecerint poterint merito formidare presentibus litteris hinc ad biennium duraturam et post nil*
« *valiturum.... Datum in civitate nostra Diensi vicesima quinta die mensis februarii, anno Domini*
« *millesimo tricentesimo nonagesimo nono. Per dominum episcopum et comiten.*

« *Aulory* ».

S^{IV}_{1}. — 5 février 1400. Elzear Mir, notaire, Jacques de Beaulieu « magister operum delphinalium » ayant déclaré le cintre insuffisant, Guillaume de Pays se procure des cautions garantissant l'achèvement de l'ouvrage. (Parchemin de 68^{cm} de haut et 64^{cm} de large) [24].

« *In nomine sancte et individue Trinitatis Patris et Filii et Spiritus Sancti, amen. Anno a*
« *nativitate domini nostri Jhesu Christi millesimo quatercentesimo et die quinta mensis febroarii*
« *super illustrissimo et serenissimo principe domino nostro domino Karolo* [25] *Dei gratia Francorum*
« *rege regnante et dalphino Viennensi existente. Noscant presentes et futurorum posteritas non*
« *ignoret quod cum ita sit et fuerit --- universitas loci de Nyhoniis et singulares persone de eadem*
« *cum consensu et voluntate nobilis et circumspecti virorum Petri Gaudelini, baillivi domini*
« *Stephani Alamandi.... judicis et providi viri Johannis Bucheti procuratoris baroniarum Medu-*
« *lionis et Montisalbani et domini Petri de Faya, militis, castellani dicti loci de Nyhoniis, dederint*
« *et concesserint ad precium factum ad construendum et edifficandum de novo pontem unius arqui*
« *supra aquam et ripperiam Yquare prope locum de Nyhoniis inter duas pillas jam et diu est*
« *constructas magistro Guillelmo de Pohys charpentario, habitatori de Romanis certo precio*
« *et certis pactis et conveniencis inter ipsam universitatem et dictum magistrum Guillelmum de*
« *Poys habitis pront de premissis constat --- sumpta manu Johannis Dye, notarii publici, cujus*
« *tenor sequitur et est talis.*

(Ici l'acte du 4 mars 1398 entièrement transcrit, S''_{1}).

« *Successive que eras providus et discretus vir magister Jacobus de Belloloco magister operum*

24. — Je l'ai fait transcrire par un Chartiste.

25. — Charles VI.

« *dalphinalium*---.... *visitaverit sindrias fusteas per dictum magistrum Guillelmum de Pays pro*
« *dicto ponte construendo factas ipsasque pronunciaverit fore male et insufficienter factas et pravis*
« *punctibus et non esse fortes ad portandum onus lapidum dicti pontis.... sub anno predicto et die*
« *quarta mensis februarii hinc est igitur quod personaliter constitutus supradictus Guillelmus de*
« *Pace in mei notarii publici et testium infrascriptorum ad hoc specialiter vocatorum presentia....*
« *dicens juxta per ipsos dominos officiarios supra ordinata paratum fore opus predictum et omnia*
« *et singula in pactis et conventionibus predictis contenta bene et legaliter atque sufficienter facere*
« *et complere juxta et secundum formam pretii facti predicti. Et pro predictis omnibus et pecuniis*
« *habitis et habendis dare et prestare universitati predicte seu operariis dicti pontis ydoneas*
« *cautiones, requirens igitur ut dictum opus et pretium factum sibi tradatur et conservetur. Et*
« *ibidem incontinenti auditis requisitione et expositione predictis per dictos dominos officiarios*
« *necnon per nobilem Bertrandum Cornilhonis, Poncium Bernardi et Guillelmum Lamberti*
« *operarios, thesaurarios et receptores operis pontis predicti et juxta per ipsum magistrum operum*
« *dalphinalium ordinata dictum opus et precium factum per modum et formam contentos in pactis*
« *et conventionibus predictis, eidem magistro Guillelmo de Pays presenti, petenti et acceptanti*
« *confirmarunt et emologarunt et de novo tradiderunt dum tamen et pro premissis omnibus*
« *sufficienter et ydonee caveat.... pro premissis omnibus et singulis in dictis pactionibus et in hoc*
« *presenti publico instrumento contentis omnes et singule persone infra particulariter nominate*
« *pro dicto Guillelmo de Pays fidejubsores et principales pagatores ac dicti operis perfectores per*
« *modum et formam in dictis pactionibus contentos*....----....----.... *Et pro predictis omnibus*
« *universis et singulis et in presenti publico instrumento contentis firmius attendendis complendis*
« *perficiendis et inviolabiliter observandis...., prenominati magister Guillelmus de Pays princi-*
« *palis et omnes ceteri fidejubsores superius scripti et nominati.... penes dictos nobiles Bertrandum*
« *Cornilhonis, Poncium Bernardi et Guillelmum Lamberti, operarios et rectores operis pontis*
« *predicti meque notarium publicum.... obligaverunt et ypothecaverunt se realiter et personaliter*
« *et se et cujuslibet ipsorum bona sua mobilia et immobilia quecunque presencia et futura suppo-*
« *suerunt et submiserunt juridictionibus cohertionibus viribus.... Acta fuerunt hec Nyboniis in*
« *burgo novo.... presentibus* (ici 5 noms de témoins)....----.... *testibus ad hoc vocatis specialiter et*
« *rogatis.*

« *Et me Alziario Medici dicti loci de Nihoniis publico.... notario.... hic manu mea propria*
me subscripti et signo meo consueto signavi.... »

(Seing manuel du notaire).

S_2. — 15 janvier 1407. Guillaume Lambert déclare devoir 20 florins d'or aux Procureurs de la Communauté de Nyons, sur le compte final du pont. (Archives départementales de la Drôme, E. 3026, Pièce I) (Parchemin de 37^{cm} de haut, 27^{cm} de large. Le sceau manque).

« *In nomine Domini, amen. Noverit modernorum presencia et futurorum posteritas non*
« *ignoret quod anno a nativitate Domini millesimo quatercentesimo septimo et die decima quinta*
« *mensis januarii ad instanciam et requisicionem venerabilis viri domini Reymundi Laugerii....*
« *nobiliumque Disderii Ysnardi et Vincencii Fabri necnon discretorum virorum....* (ici 9 noms)
« *procuratorum hominum universitatis loci de Nyoniis ut de procuracione constat nota sumpta per*
« *Alziarum Medici, notarium dicti loci sub anno presenti et die secunda dicti mensis januarii in*
« *mei notarii publici et testium subscriptorum presencia, discretus vir Guillermus Lamberti de*
« *Nyoniis habitator mercator.... confessus fuit publice et.... manifeste recognovit.... se debere et*
« *solvere teneri dictis procuratoribus presentibus stipulantibus et sollempniter recipientibus pro se*
« *et suis ac nomine universitatis jam dicte de Nyoniis.... videlicet viginti florenos auri, unum*
« *grossum et quatuor denarios monete nunc currentis in Dalphinatu, racione et ex causa finalis*
« *computi et arresti facti inter dictos procuratores nomine dicte universitatis ex parte una et*
« *dictum Guillermum Lamberti ex parte alia de omnibus et singulis per eundem Guillermum*
« *receptis et recuperatis occasione fabrice pontis noviter in dicto loco de Nyoniis constructi et*
« *edifficati, necnon de expositis implicatis deliberatisque et solutis per eundem Guillermum tam*
« *operariis quam aliis pluribus personis ex diversis causis in suis computis speciffice declaratis*

« factum dicti pontis concernentibus. Quosquidem viginti florenos, unum grossum et quatuor « denarios dicte monete, dictus Guillermus Lamberti debitor, per suum proprium juramentum ad « sancta Dei evangelia corporaliter prestitum.... solvere, tradere et deliberare dictis procurato- « ribus......... De quibus premissis omnibus, dicti procuratores quibus supra nominibus petierunt « et dictus Guillelmus ipsis concessit fieri publicum instrumentum per me notarium publicum « infrascriptum. Acta fuerent hec Nyoniis.... presentibus (ici des noms de témoins) *testibus ad « premissa vocatis specialiter et rogatis.*

« Et me Guillelmo Chalveti secretario dalphinali clerico de Saornono, Vapincensis diocesis... « me subscripsi signoque solito signavi.....

S_3. — « *Histoire naturelle ou Relation exacte du Vent particulier de la ville de Nyons en « Dauphiné, dit le Vent de S. Césarée d'Arles, et vulgairement le Pontias.* » par Gabriel Boule Marseillois, Conseiller et Historiographe du Roi, à Orange MDCXLVII (Bibliothèque Nationale, L_k^7-5848, p. 32 à 35).

« ....

« Et puis que je suis sur ce sujet du pont de Nyons, je ne dois obmettre ce que j'en ay veu dans « un acte qui m'a este communiqué par M^r^ le Marquis de Montbrun...

« Cet acte fut passé dans l'Eglise des Pères Prescheurs du Buis, et reçeu par maistre Estienne « Gautier, Notaire dudit Nyons en l'année 1409. [26]

« ......il resulte que Pierre Gandelin....., Bailly de Méoüillon et Baron de Montauban et « Pierre de Faye Chevalier, estoient commissaires deputez par son excellence Delphinoise (c'estoit « Monseigneur le Dauphin, fils du Roy Charles VI) pour avoir inspection à la construction de ce « Pont ; et que Guillaume de Pont et Vincent Fabri estoient Procureurs ou Commissaires de la « part de la Communaute, pour.... avoir toute la direction de l'œuvre, par acte de procuration reçeu « par ledit Mege le 8 septembre 1399. — Que Noble et puissante Beatrix du Puy Dame de Brueis « en la Diocèse de Gap auroit fait, par son dernier testament.... divers légats pies et...... destiné « une certaine somme pour estre employée à la construction ou reparation des Ponts de Dauphiné, « a l'option toutesfois des executeurs de son testament...... Qu'à la réquisition des susdits « Commissaires Delphinaux et Procureurs de la Communauté et en suite des Declarations et « Ordonnances des Seigneurs Evêques de Gap et de Vaison, les susdits exécuteurs testamentaires...... « passèrent un ample pouvoir ausdits Procureurs d'exiger et recouvrer les susdites sommes. Aux « conditions toutesfois qu'après avoir acquitte les autres légats pies revenans à la somme de deux « cens septante florins d'or, tout le demeurant dudit debte seroit employe par eux audit œuvre pie « du Pont de Nyons...... Au pied dudit acte il est dit qu'il a esté expédie par ledit Guillaume « Gautier... en l'an 1410....

« Par cet acte il conste bien clairement que le Pont de Nyons n'estait pas encor achevé « l'an 1410...... [27]

S_4. — « *Dictionnaire géographique, historique et politique des Gaules et de la France* », par M. l'Abbé Expilly, tome V, p. 280, 1re colonne, Amsterdam MDCCLXVIII.

S_5. — Ce que j'ai vu — mai 1909.

S_6. — Mémoires de l'Académie de Nîmes, — VIIe série, tome XVII, année 1894. « *Chronique et Cartulaire de l'Œuvre des Eglise, Maison, Pont et Hopitaux du Saint-Esprit. « 1265-1791,* » par L. Bruguier-Roure (Nîmes 1889-1895).

26. — Et non 1309 puisqu'il y est parlé d'une procuration « reçeue » par ledit Mège en 1399.

27. — Ce n'est pas une raison on releva quantité de legs à des ponts achevés. (Voir la monographie de l'ancien pont de Vieille-Brioude, $\widehat{A}^1$ r^te^ (> 40m)1, renvoi 3, - Tome II).

S_7. — Pont d'Avignon.

S'_7. — Société Française d'Archéologie : « *Guide du Congrès d'Avignon en 1909* ». M. L. H. Labande, Caen 1909, p. 46 à 52.

S''_7. — Le 8 août 1226, les Croisés s'engagèrent sur le pont ; « *soit à cause du* « *poids trop grand de la foule..... soit par suite d'une manœuvre des Avignonais, le pont* « *s'écroula, entraînant dans les eaux.... du fleuve près de trois mille hommes.* » (« *Étude sur la* « *vie et le règne de Louis VIII* », Ch. Petit-Dutaillis, Paris, librairie Bouillon, 1894, p. 307) (Bibliothèque Nationale, Casier O, n° 207).

Un pont en pierre — étroit (ce qu'il en reste a 4^m70 entre tympans) — se serait-il écroulé sous le poids des assaillants sur une assez grande longueur pour en noyer 3000 ? Comment, avant l'invention de la poudre, les Avignonnais l'auraient-ils ruiné pendant un assaut ? N'y avait-il pas plusieurs arches en bois, moins solides, plus faciles à incendier, à ruiner ?

S'''_7. — Bulle de Grégoire IX, du 8 août 1237 : « *Pontem dirutum terre restre* « *reficitis....* » Auvray. N° 3802 (L. H. Labande : « *Avignon au XIIIe siècle* », Paris, chez Picard, 1908, p. 57) (Bibliothèque Nationale L_k-37.015).

S^{IV}_7. — Bullaire des Indulgences concédées avant 1431 à l'œuvre du pont d'Avignon par les Souverains Pontifes, publié par le Marquis de Ripert-Monclar. (Monaco et Paris, chez Picard, 1912).

PONT SUR LE DOUX A 4k5 DE TOURNON[1] (ARDÈCHE)

après 1351
avant 1583

$\widehat{A}^1$ r^{te} (> 40^m)^3

Φ_1 — amont (S$_8$)



1. Dimensions et dispositions (f$_1$, f$_2$).

— L'intrados est un arc de 49^{m}20 de portée, 17^{m}73 de montée.

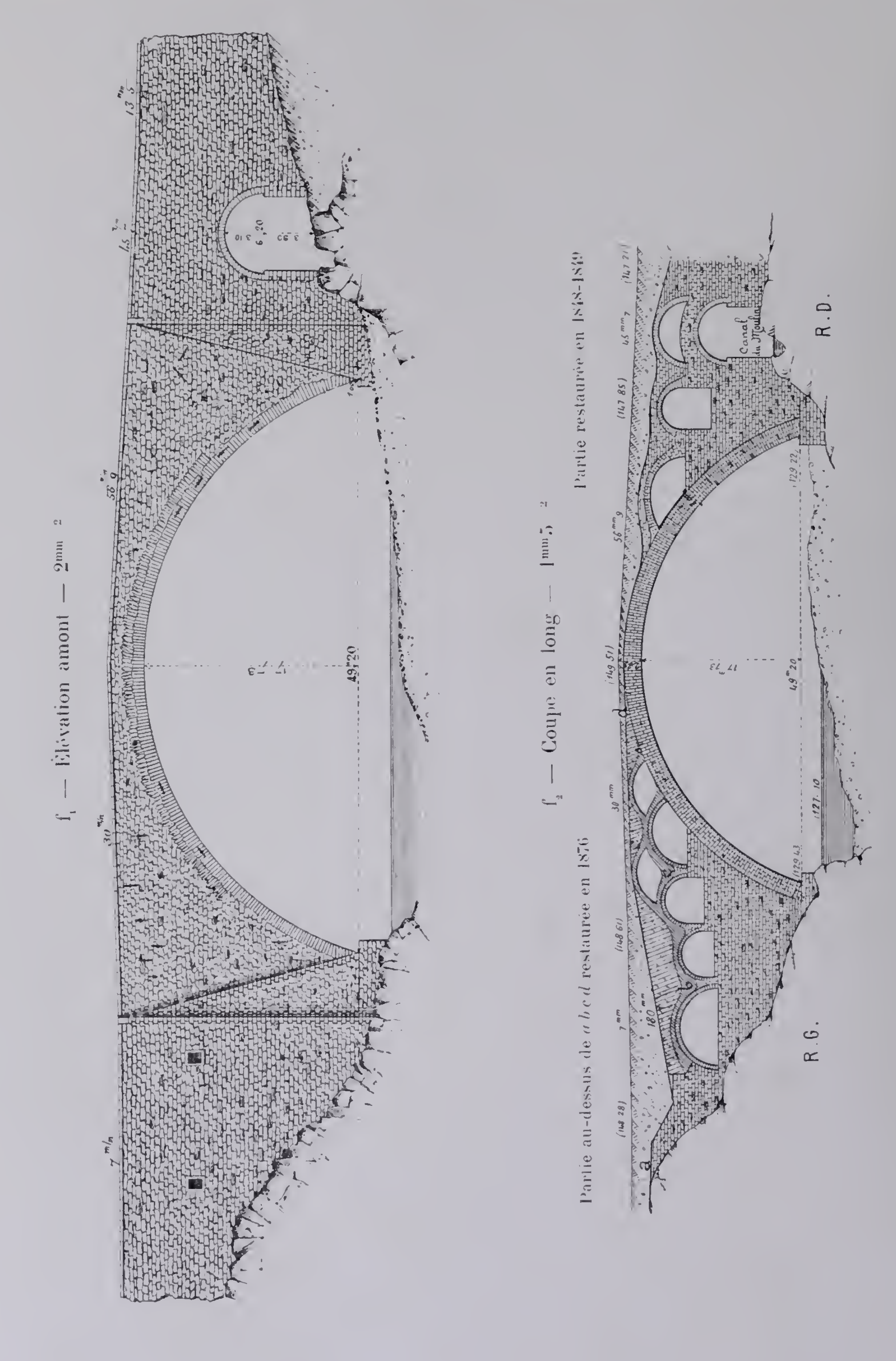
Sur 2^m à partir des naissances, les lits du bandeau, d'abord horizontaux, se relèvent, et deviennent normaux à l'intrados.

2. Histoire.

A - 1251. — Une crue emporte un ancien pont (S'''$_1$).

B - 10 mai 1252. — Les Syndics de Tournon passent un marché avec les pontonniers du Port du Doux, pour assurer le passage jusqu'à ce qu'il y ait un pont (S'$_1$ - *a* - n° 1).

1. — Ancienne route de Tournon à Annonay, route de Lyon à Montpellier par la rive droite du Rhône.



2. — D'après S₂ ..., D'après les dessins qu'a bien voulu me communiquer M. Roux, Ingénieur à Tournon, et mes photographies.

C - 8 février 1350 (style de Pâques). — Par lettres données à Lyon le 8 février 1350[3], Jean le Bon accorde aux gens de Tournon un droit de « *barrage* », dont le produit sera affecté aux travaux du pont (S''_1 - *a*).

D - 11 novembre 1351 (il suit le 8 février 1350). — Guillaume de Ledra, bailli royal, nomme Durand de Solier percepteur des droits de barrage et administrateur de l'œuvre du pont « *qui constructus esse debet super flumine Dulcis.....* » (S'''_1, S'_1 - *a* - N° 5).

E - 17 novembre 1376 — Les habitants de Tournon, réunis dans l'église Saint-Julien, s'imposent durant deux ans « *double dîme de leurs blés et vins* » pour achever le pont. (S'_1 - *a* - N° 71).

F - 30 novembre 1379. — Le Maître de l'ouvrage achète des bois pour la construction (S'_1 - *a* - N° 11).

G - 20 mai 1382. — Jean, duc de Berry, mande à Pierre Aymeric, par lui député dans les Sénéchaussées de Beaucaire et de Nîmes :

« *Les... habitants... de Tournon.... travaillaient depuis longtemps à jeter un* « *pont sur..... le Doux ; ...cette... année..... une crue subite.... a détruit les travaux* « *et emporté les cintres..... ; ils ne peuvent reprendre.... les travaux, si nous ne* « *leur accordons... une exemption de tailles pendant 10 années....* » (S''_1 - *b*).

H- 6 juin 1382. — Pierre Aymeric, par lettres datées d'Annonay, exempte pendant 6 années la ville et le mandement de Tournon de tout impôt (S''_1 - *b*).

I - En 1444, le pont n'était pas terminé. — Les comptes de la ville de Tournon de 1442[4], 1444, mentionnent des payements faits aux pontonniers du Doux[5], institués en 1252 jusqu'à l'achèvement du pont.

D'après une indication copiée par le Marquis de Satillieu vers 1760 : « *en 1470,* « *la ville commença à faire édifier le pont.* » (S'_1 - *b*). De ceci, aucune preuve.

J - En 1583, le pont était terminé (S_3). — A propos de l'entrée à Tournon de Madeleine de La Rochefoucaud, femme d'un Seigneur de Tournon,

3. — Ce jour-là, Jean Le Bon est en effet à Lyon, venant de Viviers. — E. Petit : « *Séjours de Jean* « *Le Bon* », — « *Bulletin du Comité des Travaux historiques* », 1896, p. 590.

4. — Compte du 31 octobre 1442 : Payé à 2 pontonniers « *per lo trabuc* (salaire)..... *do pount de* « *Dous... meyant loqual ly dicta villa es quita ol pont de Doux, et devon passar sans payar autre* « *pontanage.* » (S_2, p. 338).

5. — En 1444, le Syndic paie 10 sols à ceux qui aidèrent à mettre les planches du Doux « *que sont* « *nécessaires à tout le commun* » (S_2, p. 339).

Christophe d'Urfé[6] écrit :

« *Un jour du mois d'avril l'an quatre vints et trois*
« *Tenant un livre en main, seulet je m'esbatois*
« *Tantost bien loing de Doux, tantost près de sa rive*
« *A la parfin, au pied de ce grand Pont, j'arrive*
« *De ce grand Pont basty par ce grand Cardinal*
« *Où, entre deux rochers, s'estrécit le canal.* » (S_3).

K - Le pont a-t-il été construit par le Cardinal François de Tournon, Ministre de François Ier, né à Tournon en 1489, mort en 1562 ?

En 1583, Christophe d'Urfé, collégien de 18 ans environ, le dit dans ces vers composés en l'honneur de la femme d'un neveu du Cardinal (S_3). Il n'y a pas à en faire état.

Dans sa description des Fleuves de France, Papire Masson, mort en 1611, écrit au sujet du Doux :

« *Dulcis Velaunorum preceps, rapidusque torrens antequam Cardinalitio* « *ponte iungatur......*

« *Pons autem illic est quem Franciscus è familia procerum Turnoniorum* « *sumptibus suis fieri curavit....* » (S_4).

A l'appui de cette affirmation, pas de preuves.

D'après une indication copiée par le Marquis de Satillieu, le Cardinal ne contribua à la dépense « *que pour la petite arche servant d'avenue et de naissance* « *au pont du côté du Chemin tendant à Tournon, où l'on voit ses armes.* »[7] (S'_1 - *b*).

On ne les y voit plus[8].

Des biographies du Cardinal de Tournon ne font pas mention du pont.

Dans l'une d'elles, pour le laver de l'accusation d'avarice, on cite les œuvres qu'il a subventionnées, non le pont de Tournon[9].

Il n'en est question :

ni dans son testament du 12 octobre 1558 (S''_1 - *c*).

ni dans sa correspondance[10].

L - Résumé. — En résumé, le pont a été commencé après 1351 (nomination du Maître de l'Œuvre). Les travaux ont été poussés après 1376 (vote de la double dîme), emportés par une crue avant mai 1382. Le pont n'était pas terminé

6. — Frère d'Honoré d'Urfé, élève — comme lui — du Collège des Jésuites de Tournon, fondé par le Cardinal François de Tournon.

7. — Un dessin signé à la date du 30 floréal an 13 par l'Ingénieur en chef O'Farrell (×), porte cette indication : « *On croit qu'il a été établi par un Ingénieur Italien en 1545* » (Archives du Ministere des Travaux Publics). — Elle est reproduite par Gauthey « *Le pont a été construit par un Ingénieur italien,* « *en 1545, aux frais d'un Cardinal de Tournon* » (*Construction des Ponts.* Tome I, p. 61, - Paris, 1809).

(×) O'Farrell dit « aîné », par opposition à O'Farrell « cadet », Ingénieur en chef de la Haute-Loire [Voir la monographie de l'Ancien Pont de Vieille-Brioude — $\hat{A}^1$ 1re ($\geqslant 40^m$)^1].

8. — A la clef amont de la grande arche, semblent se montrer quelques traces de sculpture.

9. — Bibliothèque nationale. L_n^{27} - 19.729 : « *Histoire du Cardinal de Tournon* » par le Père Charles Fleury - Paris, 1728.

10. — Bibliothèque Nationale. Fonds français : 2916-4129. Dépouillée par M. Isaac, Professeur d'Histoire au Lycée de Saint-Etienne.

en 1444 (payement des pontonniers) ; il était achevé avant 1583 (poésie de Christophe d'Urfé).

On vient de voir que les documents consultés ne permettent pas de l'attribuer au Cardinal de Tournon (1489-1562).

Or, s'il eut été fait de son temps, il eût été vraisemblablement fait par lui, né à Tournon, Seigneur de Tournon, le premier personnage du pays, l'un des premiers du royaume.

3. Réparations. — Vers 1765, on a soutenu par un contrefort le mur de rive gauche aval, qui était « *bouclé* » ; on a remplacé, à la tête aval rive droite, 8 voussoirs « *rongés par le chancre* » ; on a relié les bandeaux par 6 clefs en fer, etc... (S_5).

En 1849, on a consolidé l'ouvrage côté rive droite et adouci les pentes (f_2) qui étaient de 15cm et 8cm (S_6).

En 1876 on a, sur le côté rive gauche, consolidé — en les doublant par des arceaux supérieurs — les anciennes voûtes d'élégissement ; construit, au-dessus, deux nouvelles ; refait les tympans ; adouci de nouveau la rampe, etc... (S'_7) (f_2).

SOURCES :

S_1 — Louis Emmanuel Jules Scipion Rousset, 1803-46, avoué, conseiller municipal de Tournon.

Manuscrits, écrits,....

S'_1. — Manuscrits gracieusement communiqués par M. Bonnet des Claustres, juge de paix à Lamastre (Ardèche), petit-fils de Jules Rousset.

S'_1 - *a*. — Volume relié portant au dos le titre : *Notes sur Tournon.*

n° 1 (p. 1 et 2). 10 mai 1252. Acte reçu par Me Mathieu de Chavanis. — Conventions entre les Syndics de Tournon et les Pontonniers du Port du Doux.

« *Par lesquelles les dits pontaniers sont obliges à tenir de bons bateaux en la riviere* « *du Doubs tant qu'il sera besoin d'y avoir bateau, sans que les habitants de la de Ville* « *soient tenus païer aucune chose...., sauf qu'en attendant qu'il y eut un pont sur la* « *rivière du Doubs........*

....

« *Lorsque le bateau ne pourra passer, les dits pontaniers fourniront les planches* « *necessaires......*

« *Il a eté aussi convenu que dès qu'il y aura un pont, la dite communaute de Tournon* « *demeurera quitte de tout ce dessus envers les dits pontaniers...*

« *Il a ete aussi accorde qu'en attendant la construction du dit pont, les pontaniers* « *ne pourront autre chose demander..... »*

n° 5 (p. 16). Contrat du 11 novembre 1351. Durand Dussolier est chargé du travail du Pont et recevra pour ses gages 20 florins d'or par an.

n° 11 (p. 29). Gounon Pistoris « *ayant l'Administration et gouvernement du travail* « *nouveau du pont de Doubs* » achète des bois pour la construction du pont « *au prix*

« *de huit vingt florins d'or* » (Acte reçu par Me Barjac, Notaire, 30 septembre 1379).

N° 37 (p. 54). 20 mai 1442. — Quittance donnée par les Pontonniers du Port du Doux aux Syndics de Tournon.

N° 71 (p. 106). 17 novembre 1376. — Les Habitants de Tournon, réunis en Assemblée générale en l'Église Saint-Julien, décident de payer double dime de leurs blés et vins durant deux années entières pour être employée à parachever le pont du Doux (Acte en latin sur parchemin, reçu par Me Textoris, Notaire).

Ces pièces avaient appartenu aux Archives de la Ville de Tournon. — Sur invitation du Ministre de l'Intérieur, elles ont été remises avant 1877 aux Archives départementales. Elles n'étaient pas classées en juillet 1908 : je n'ai pu en obtenir communication.

Elles sont peut-être dans la série E non classée.

S'_1 - *b.* — Volume relié : Recherches sur le Vivarais et principalement sur Chalençon et Tournon. Recherches de M. le Marquis de Satillieu en 1760.

« *Papiers de M. Grange, procureur du Roi de la Ville.*

« *Ce ne fut qu'en 1470 que la Ville commença à faire édifier celui* (le Pont) *qui* « *existe à présent....*

« *Le Cardinal de Tournon Contribua à cette dépense, à ce qu'il parait par les vers* « *contenus dans le livre d'honoré Durfé...., mais il y a lieu de Croire que ce ne fut que pour* « *la petite arche servant d'avenue et de naissance au pont du côte du Chemin tendant à* « *Tournon, où l'on voit ses armes* ».

S''_1. — Bibliothèque d'Annonay. — J. Rousset : « *Recueil de pièces pour servir à l'histoire* « *du Vivarais* », 6 volumes manuscrits.

S''_1 - *a.* — T. V. n° CCCCIII. Ordonnance du Roi Jean permettant d'établir un barrage sur le Doux pour aider à la construction d'un pont et nomination de Durand du Solier pour la perception des droits de barrage (8 février et 11 novembre 1350).

(Extrait des Archives de l'église Saint-Julien de Tournon) :

«... *ex parte habitatorum loci de Turnone, nobis fuit monstratum quod in itinere per* « *quod itur communiter de Annoniaco transeundo per Lugdunum in Franciam, habitur* « *prope dictum locum.... quidam carens ponte Dulcis.....*

«..... *Nos.... super dictum flumen construere pontem.... duximus concedendum ut.....* « *pro.... constructione pontis.... barragium seu passagium modo et forma consuetis....* « *exigere et levare usque ad Terminum.... millesimo tricentesimo quinquagesimo secundo* « *et die duodecimo mensis Martii computendum et etiam dictum barragium exigere et* « *Levare.... juxta formam litterarum eisdem per genitorem nostrum concessarum* ».

Dans cette copie, faite par Rousset, des mots manquent. L'original est aux Archives de l'Ardèche, Série G. Je n'en ai pas eu communication.

S''_1 - *b.* — T. 6. n° DXXXVII. Construction du pont du Doux. Lettres de Jean, duc de Berri.... et de Pierre d'Aymeric..... (20 mai et 6 juin 1382).

(Copié sur l'original qui est dans la collection) :

« *Petrus Aymerici licentiatus in legibus, magister requestarum et Reformator* « *generalis.... dominum ducem Bituricensem..... Commissariusque ad infrascripta specia-* « *liter deputatus Bayllivo.... Vivariensi.... et aliis omnibus salutem. Litteras regias* « *dictae nostrae Commissionis nos recepisse Noveritis sub hiis Verbis : Johannes regis* « *francorum filius, duc Bituricensis..... dilecto nostro magistro Petro Aymerici... in* « *seneschalia Bellicadri et Nemausi deputato Salutem. Homines habitatores loci de*

« *Turnone nobis.... exposuerunt quod licet proposuissent facere et perficere pontem in*
« *riperia aquae Dulcis et anno presenti operum dedissent in perficiendo dictum pontem et*
« *lapides confixi et sindriae Justes facere.... aquae Sindriae dicti pontis fractae fuerunt et*
« *quod erat de arcu pontis cecidit et maderiae aquae inondatione.... fuerunt in majori*
« *parte, et sic opus prædictum.... adnihilatum.... nobis humiliter supplicant, quatenus*
« *consideratis premissis termino decem annorum proximorum..... ad perficiendum dictum*
« *pontem concedere dignaremur.... Nosque... vobis precipimus... et mandamus.... de prædic-*
« *tis ad perficiendum dictum pontem non Compellantur donec lapso tempore sex annorum....*
« *ex aliis donis, gratiis et benificiis propter opus predictum perficiendum collatis vel confe-*
« *rendis, aut aliis justis causis ipsi habitatores Turnonis tenerentur ad perficiendum opus dicti*
« *pontis, ipsos et eorum quemlibet ad id perficiendum...., lapso vero dicto termino dicto-*
« *rum sex annorum nisi vobis constaret ipsos de Turnone ad perficiendum dictum pontem*
« *legitime teneri....., Datum Annociaci die sextâ mensis junii Anno domini Millesimo*
« *trecentesimo octagesimo secundo....* « *P. Aymericii* ».

L'original est peut-être aux Archives départementales de l'Ardèche, Série E non classée. Je n'ai pu en avoir communication : j'ai dû reproduire, avec ses fautes, la copie de Rousset.

S''_1 - *c*. — Tome I. N° LI : Testament du Cardinal de Tournon (12 octobre 1558) p. 253 : Extrait des Archives du Collège de Tournon.

Je n'ai pas vu l'original.

S'''_1. — L'Annonéen, du 25 mai 1843 : « *Le grand pont* », article de Tessnor J. (anagramme de J. Rousset). — Rédigé d'après les pièces citées en S'_1 et quelques autres.

S_2. — Revue du Vivarais : N° du 15 juillet 1907 : « *Tournon au XVe siècle* », p. 329, 338, 339 ; article du Dr Francus (pseudonyme de A. Mazon, mort en 1908), d'après les comptes de la Ville de Tournon (Archives départementales).

S_3. — « *La Triumphante Entrée de très illustre Dame, Madame Magdeleine de La* « *Rochefoucaud, espouse de Hault et Puissant Seigneur Messire Jean, Loys de Tournon......* « *faicte en la ville..... de Tournon le dimenche Vingt-quatriesme du Moys d'avril 1583* ».

A Lyon, chez Jean Pillehotte, à l'enseigne du Jésus, 1583. (Bibliothèque Nationale, p. Z 357-38).

S_4. — « *Descriptio Fluminum Galliae quae Francia est* », Papirii Massoni opera (Parisiis apud Jacobum Quesnel) (1618). (Bibliothèque Nationale L_1^{10}-p. 409).

Papire Masson (1544-1611), d'abord Jésuite, professa à Naples, puis à Tournon. Plus tard, en 1576, Avocat au Parlement (Grande Encyclopédie).

S_5. — Archives de l'Ingénieur ordinaire de Tournon. — Élévation qui daterait de 1769 ; légende en tête, — gracieusement communiquée par M. Roux, Ingénieur à Tournon.

S_6. — Rapport du 13 août 1875 de l'Ingénieur ordinaire Bouvier, à l'appui du projet de restauration exécuté en 1876. — Dessins d'exécution du 26 octobre 1875.

S_7. — Dessins signés par l'Ingénieur ordinaire Bouvier :

S'_7. — 13 août 1875.

S''_7. — 26 octobre 1875.

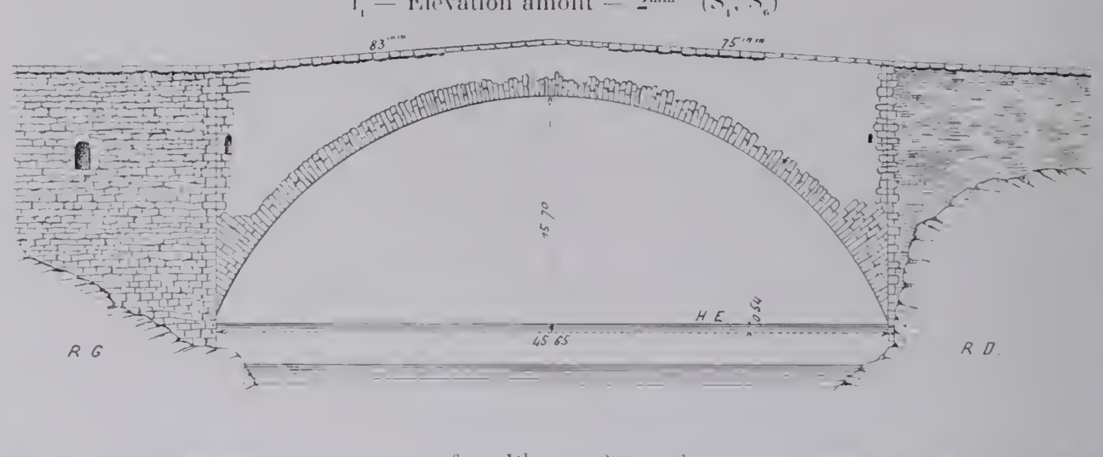
S_8. — Ce que j'ai vu - septembre 1906.

VIEUX PONT SUR LE DRAC A CLAIX[1] *(ISÈRE)*

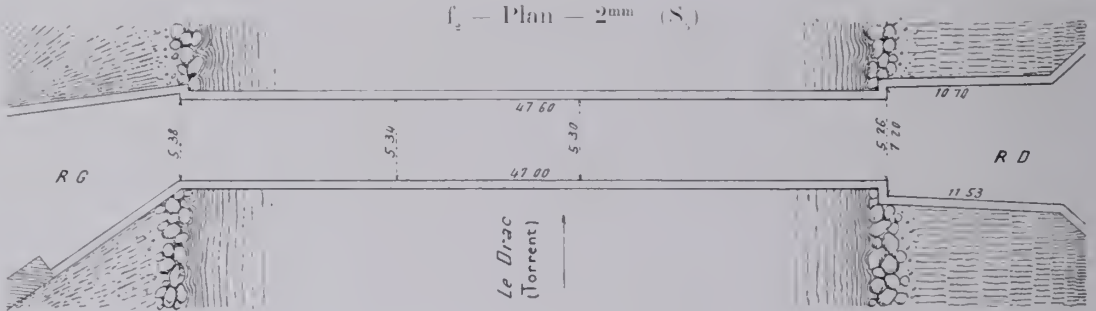
Route de Grenoble à Sisteron

1608-1611 $\widehat{\mathbf{A}}^1$ r

f₁ — Élévation amont — 2mm (S₁, S₆)



f₂ — Plan — 2mm (S₁)



f₃ — Retombées 1cm (S₃)

1. Dimensions. — Un Ingénieur des Ponts et Chaussées de Grenoble « *a mesuré très exactement...* (l')*ouverture, 45m65,* (la) « *flèche, 15m70,* (l')*épaisseur à la clef, 1m365.... Des sondages* « *faits en 1861..... ont montré que la voûte a une épaisseur* « *maxima de 1m70...* » (S₂).

Les piédroits des culées sont en saillie sur les naissances de l'arc (f₃). C'est entre les points B qu'a été mesurée la portée de 45m65 : la portée réelle serait donc plus grande de 2 × 0m35 = 0m70, soit 46m35 (S₃).

2. Intrados. — « *La courbe d'intrados.... se rapproche d'une courbe à* « *cinq centres, aplatie aux reins*[2] *et dont le rayon de courbure va en diminuant* « *vers les naissances et à la clef...., le pont, bien que surbaissé.... présente l'aspect* « *d'une voûte surhaussée.* » (S₂)

1. — A 8km au Sud de Grenoble.

2. — Au pont de Nyons | $\widehat{\mathbf{A}}^1$ r — Tome II | (commencement du XVe siècle), aussi en Dauphiné, les reins de la voûte sont plus bas que l'arc de cercle de même portée et même montée.

Le pont était très vraisemblablement projeté en arc, comme ceux de Vieille-Brioude[3], Nyons[4], Tournon[5], et se sera déformé sur cintre ou au décintrement.

Φ_1 — amont (S₂)

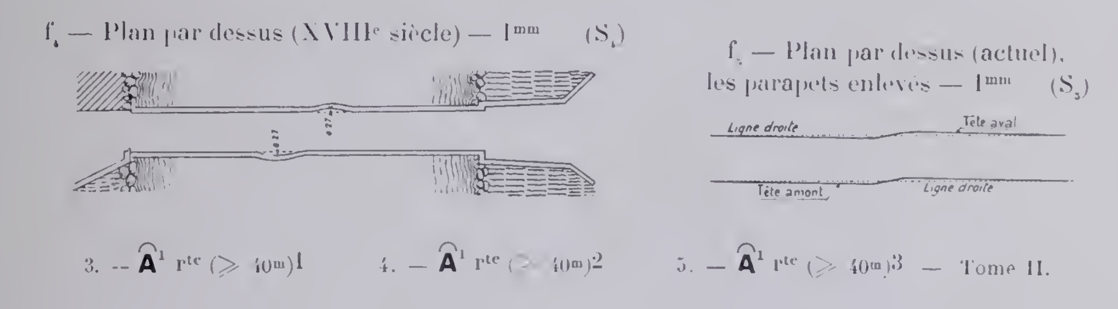


3. Appareil. — Il « *a 161 voussoirs de tête, tous inégaux, dont* « *l'épaisseur moyenne est 0^m36... appareillés en crémaillère, mais d'une manière* « *tout-à-fait irrégulière et peu soignée. Les murs des tympans sont en moellons....* « *grossièrement appareillés.* » (S_2)

4. Déformations en plan. — Le croquis f_4, probablement de la deuxième moitié du XVIIIe siècle, indiquait pour les deux têtes des déformations en plan de 10 pouces (0^m27) : on ne les voit pas aujourd'hui sur les parapets (f_2), sans doute à la suite de la réparation de 1901-02, mais seulement près des clefs (f_5).

f_4 — Plan par dessus (XVIIIe siècle) — 1mm (S_4)

f_5 — Plan par dessus (actuel), les parapets enlevés — 1mm (S_5)



3. — $\widehat{A}^1$ r^te (≥ 40m)1 4. — $\widehat{A}^1$ r^te (≥ 40m)2 5. — $\widehat{A}^1$ r^te (≥ 40m)3 — Tome II.

Il est possible que les deux côtés des têtes n'aient pas été montés exactement dans le même plan et qu'on les ait ainsi raccordés.

Le vieux pont de Claix est presque une réplique de celui de Nyons, aussi en Dauphiné, plus vieux de deux siècles.

En 1901-1902, le pont, alors classé comme monument historique, a été assez indiscrètement réparé : on a crépi un tympan, dessiné des joints sur des plaques de ciment, etc.....

5. Histoire.

— Au commencement du XVIIe siècle, on décida de construire un pont à la place du bac établi là (S_3).

Les travaux furent adjugés, pour 18.000 livres, le 29 mai 1608, à Louis Bruisset, maître-maçon à Grenoble, qui se noya au mois d'août suivant (S_4); puis continués par Jean-Albert, maître-maçon et Pierre Sallamon, maître-charpentier, tous deux de La Mure, d'abord au même prix (19 août 1608), ensuite avec une augmentation de 18.000 livres (27 juillet 1609) (S_3).

A la suite d'une pièce d'octobre 1610, figure une somme de 18 livres donnée sur l'ordre de Lesdiguières « *aux compagnons qui ont travaillé à clorre l'arcade* « *du pont.* » (S_3).

Il aurait donc été clavé en 1610, c'est-à-dire en trois campagnes, et achevé en 1611 (S_3).

D'après le compte arrêté le 14 août 1613 (S_3), on avait, à cette date, payé [en livres (l), sous (s), deniers (d)] 39.770l 9s 6d

Il restait à payer.. 542l

Le pont a donc coûté.. 40.312l 9s 6d

environ 180.000 de nos francs.[6]

La dépense a été supportée par les Communes intéressées à raison de 47 écus (141 livres) par feu (S_3). Lesdiguières a, le 18 juin 1610, fixé à 1.000 écus la part de Grenoble.[7]

Sur une porte élevée en 1624 à la culée rive gauche, — porte aujourd'hui détruite, — on lisait les inscriptions suivantes (S_4) :

sur la face Grenoble :

« *Henry le Grand.... par l'avis et conduite de.... François de Bonne.... seigneur* « *des Diguières.... a jeté les fondements de ce merveilleux*[8] *ouvrage.* »

« *Romanas moles pudore suffundo.* »

6. — Leber évalue, en pouvoir actuel d'achat :
3.000 livres en 1609, à 15.000f — Rapport : 5
36.000 livres en 1614, à 158.400f — Rapport : 4.4
Essai sur l'appréciation de la fortune privée au moyen âge, 2e édition, Paris, 1847, p. 73.

7. — Inventaire sommaire des Archives communales, antérieures à 1790, rédigé par M. Prudhomme, Archiviste du Département. — Ville de Grenoble, 1e partie, séries AA et BB, p. 113 (Grenoble, 1886).

8. — « *Pont qu'on ne peut voir sans l'admirer... d'un trait si grand et si long que le pont de Rialte* « *à Venise ne veut riẽ dire au prix de celui-cy* » (Plaidoyez de Me Claude Expilly (auteur dauphinois), Lion M.DC.XXXVI, chapitre CLVII, p. 687).

sur la face Claix :

« *Louis XIII.... par le même avis et conduite, contre toute espérance, luy a « donné sa perfection.... l'an.... MDCXXIIII.* »[9]

« *Unus distantia jungo.* »

9. — Un très ancien dessin (Archives de l'Ingénieur en chef de l'Isère) donne 1614 au lieu de 1624.

SOURCES :

S_1. — Bibliothèque de l'Ecole des Ponts et Chaussées, Manuscrits, n° 1449 : « *Collection des ponts de France.* »

S_2. — Annales des Ponts et Chaussés, 1879, 1er semestre, p. 5 et 6 : « *Notice sur la « construction du pont* (nouveau) *de Claix* » par M. Cendre, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

S_3. — Archives départementales de l'Isère, B. 3397. 1 cahier in-folio papier 48 feuillets, dont 41 écrits sur les deux côtés.

S_4. — « Le Dauphiné », n° du 28 août 1864, p. 125 : « *Le Pont de Claix* » M. J. J. A. Pilot, Archiviste départemental de l'Isère (gracieusement communiqué par M. X. Drevet, Directeur du « Dauphiné »).

S_5. — Relevés qu'a bien voulu faire faire, sur ma demande, M. l'Inspecteur Général Rivoire-Vicat.

S_6. — Ce que j'ai vu — juin 1908.

PONT SUR LE TORRENT L'ASTICO A CRESPANO[1] *(ITALIE, – Venetie)*

Route de Bassano à Possagno

1832-1836 $\widehat{A}^1$ r^{de} (= 40^m)5

Φ_1 — aval (S_2)



1. Premier pont, écroulé en 1830. — Avant 1830, le maître-maçon Fantolini avait commencé là une arche de 40^{m}40 en moellons méplats. On trouva trop chère sa méthode de construire : on résilia, et on adjugea l'achèvement de la voûte.

Le nouvel adjudicataire employa de mauvais matériaux.

La voûte étant construite aux 4/5, des blocs, charriés par une crue, ébranlèrent un appui du cintre : on l'étaya.

Malgré deux tirants en fer, il se produisit dans la voûte de nombreuses fissures parallèles aux têtes, même avant le décintrement. Après, elles augmentèrent jusqu'à traverser les tympans et la chaussée, et, le 2 mai 1830, le pont s'écroula.

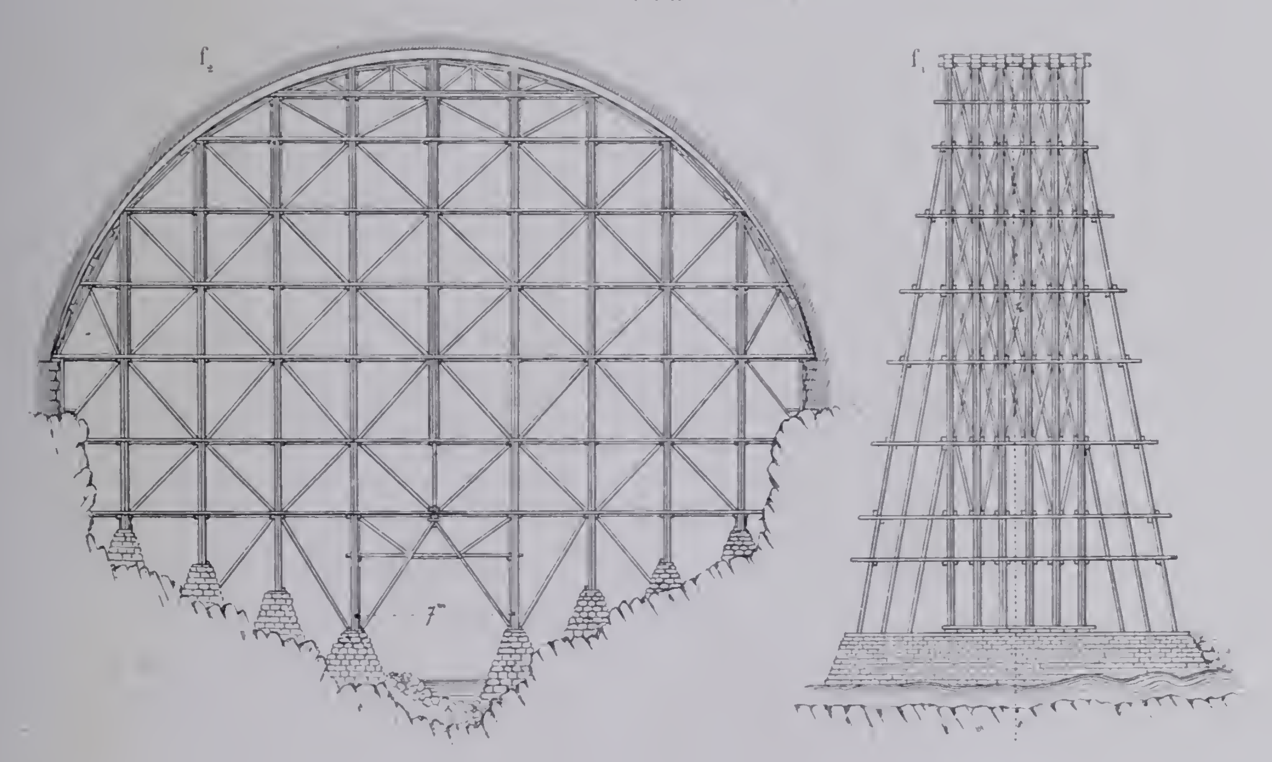
2. Pont actuel. — Intrados. — On reprit les travaux en 1832.
On conserva la portée de l'ancien pont, 40^{m}40, et ses socles.

1. — Province de Trevise, district d'Asolo, à 11^{km} au Nord-Est de Bassano.

f₁ — Élévation — 2mm (S₁ et Φ₁)



Cintre — 2mm5



L'intrados est un arc d'anse de panier à trois centres, de 20m20 de rayon au-dessus des joints à 60° de la clef, et de 30m85 au-dessous.

3. Matériaux de la grande voûte. — Sauf les clefs et contre-clefs en pierre de taille, la voûte est un rouleau de briques de 1m80 d'épaisseur uniforme.

Elles ont fort mal résisté aux intempéries :

la tête amont (Nord), sur une certaine épaisseur, est tombée tout entière ;

la face aval (Sud) est moins mal conservée.

En douelle, quelques plaques se soulèvent (S_2).

4. Tympans et remplissage au-dessus de la voûte. — Le rouleau de briques de la voûte porte une maçonnerie de moellons ordinaires, par assises horizontales, de 9m80 d'épaisseur aux reins et 0m40 à la clef.

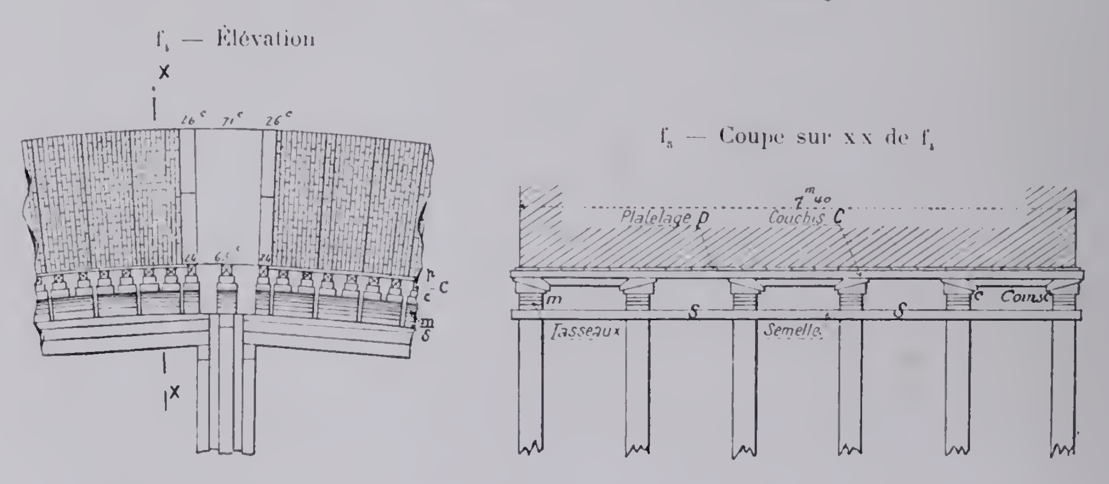
Ce remplissage est traversé, à différentes hauteurs, par 7 assises horizontales de libages, reliés par des crampons scellés au plomb.

5. Cintre (f_2 à f_5). — On a ménagé, au thalweg, une passe de 7m pour l'écoulement des crues, afin d'éviter l'accident du premier cintre.

Au-dessus des joints à 60° de la clef, l'extrados des vaux était dressé suivant un arc de 20m75 de rayon : l'intrados de la voûte a un rayon de 20m20 seulement. Il y avait ainsi sous la douelle un vide croissant de 0m12 à 60° à 0m65 à la clef.

Pour le remplir, on a disposé sur les vaux des semelles transversales S ; puis des tasseaux *m* à la demande ; puis des coins *c* au 1/7 ; dessus les couchis C ; enfin, le platelage *p* (f_4, f_5).

Détails du cintre — Tasseaux, coins, couchis, platelage — 1cm



6. Construction de la voûte. — Du premier pont on a conservé :

au-dessous des naissances, les 5 assises en pierre de taille ;

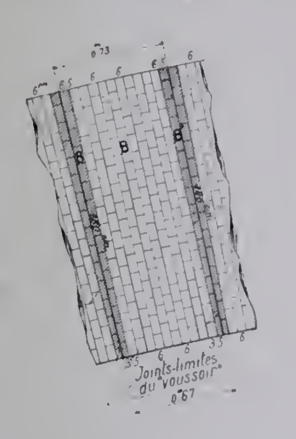
au-dessus, une assise en biseau faisant sommier, de 0m10 d'épaisseur à

l'intrados et 0m52 à l'extrados, dont les pierres étaient reliées par des crampons scellés au plomb.

Pour racheter la différence de développement entre l'intrados et l'extrados, tout en employant le moins possible de briques-voussoirs, on opéra comme suit :

La voûte est divisée, pour l'exécution, en 87 tranches en forme de voussoirs ; le « voussoir » supérieur comprend la clef et les contre-clefs ; les 43 autres, de chaque côté, sont égaux.

f_6[2] – Disposition des briques formant un « voussoir » – 2cm



Chacun d'eux (f_6) comprend 10 assises de briques à faces parallèles B de 6cm d'épaisseur, et est limité, en-dessous et en-dessus, par une assise de briques-voussoirs B' de 3cm5 d'épaisseur à l'intrados et 6cm5 à l'extrados.

La clef, en pierre de taille, a 13 voussoirs dont 4 cubent 1mc11 et pèsent plus de 3 tonnes.

Les lits de mortier ont au plus 1mm5.

7. Décintrement.

— La voûte achevée, on l'a chargée d'abord du remplissage en moellons ordinaires, puis de deux murs en pierres sèches et d'autres matériaux.

On desserra les coins par 1mm et 1mm5, en commençant aux naissances.

L'année suivante, tout en continuant à desserrer les coins, on commença les tympans.

Le tassement total, le cintre enlevé, fut de 370mm.

La montée, projetée à 16m, surhaussée à 16m35, est ainsi de 16m16.

8. Dates.

1832. – Construction du cintre.

1833. – Réparation des culées ; reprise des socles de l'ancien pont. Chargement du cintre avec des briques, surtout au cerveau.

1833. – 6 mai-11 octobre. Construction de la voûte.

1834. – Chargement de la voûte. Commencement de la construction des tympans et du décintrement.

1835. – Achèvement des tympans.

Commencement de 1836. – Enlèvement du cintre.

Fin mars 1836, on n'y trouva rien de défectueux, « *quoique le pont eût déjà eu* « *à subir plusieurs tremblements de terre violents.... à tel point que les personnes* « *qui passaient alors sur le pont purent observer un mouvement ondulatoire de* « *l'ouvrage* » (S_1).

2. — Restituée d'après le texte de S_1.

9. Dépense (en lires autrichiennes de 1835)[3].

1° du cintre : 22.000 lires (19.052 f) [3] ;

2° total de l'ouvrage : 100.000 lires, non compris les abords du premier pont (86.600 f) [3].

10. Ingénieur. — *Projet et Direction des Travaux :* Angelo Casarotti, Adjoint à la Direction des Travaux des Provinces Vénitiennes.

3. — L'Annuaire du Bureau des Longitudes de 1834 donne comme valeur de la lire d'Autriche : 0f866

SOURCES :

S_1. — Allgemeine Bauzeitung, 1836, p. 411 à 414 et 421 à 424, Pl. LXXXIX : « *Bemer-* « *kungen über den Bau der Brücke von Crespano* ».

S_2. — Ce que j'ai vu — juin 1908.

Ce qui n'est pas spécifié S_2 est de S_1.

PONT DE NYDECK, SUR L'AAR, A BERNE

1840-1844 $\widehat{A}^1$ r^{te} (> 40^m)6

Φ_1 — amont (S_2)



1. Dispositions à signaler. — La largeur entre parapets, de 11^{m}10 sur le corps central, est de 14^{m}70 sur les deux corps extrêmes : ils s'arrêtent à deux maigres pilastres, qu'on eût supprimés sans dommage.

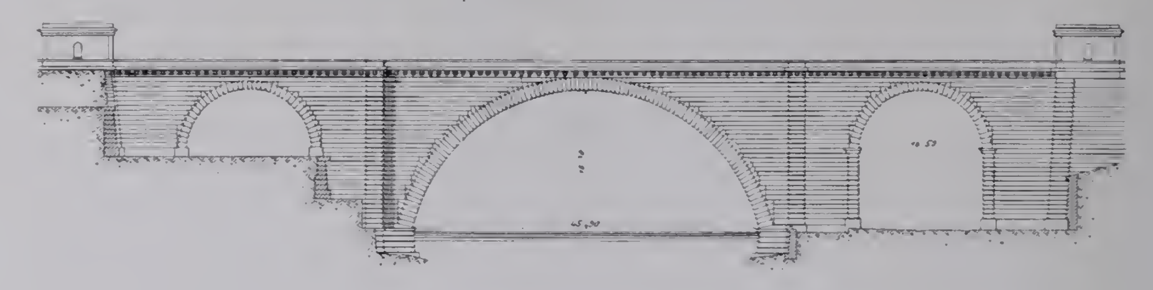
Sur les voussoirs de tête, qui sont à crossettes, on a détaché une courbe d'extrados en saillie de 9^{cm}.

Leur retour en douelle dessine une bande de largeur uniforme.

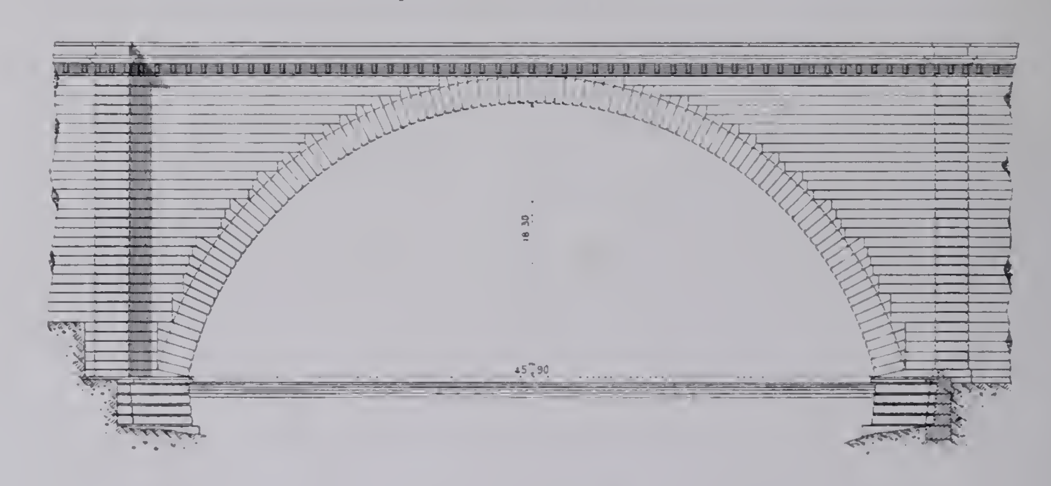
Les bandeaux, les consoles, la plinthe, le parapet sont en granit ; le parapet, (socle, fût, bahut) est d'une seule pierre.

Les tympans et pilastres sont en mollasse jaune vert ; les assises supérieures sont un peu rongées et effritées.

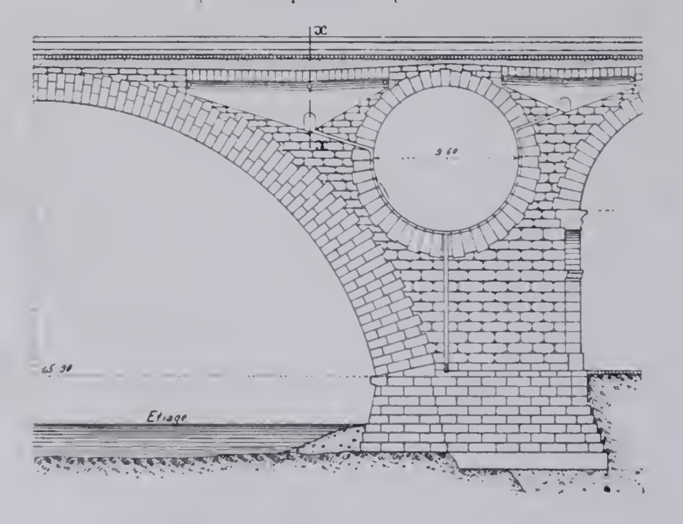
f_1 — Ensemble — 1^mm



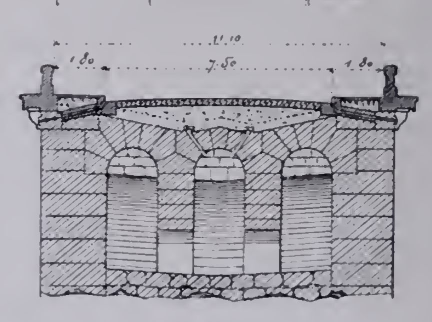
f_2 — Grande voûte — 2^mm



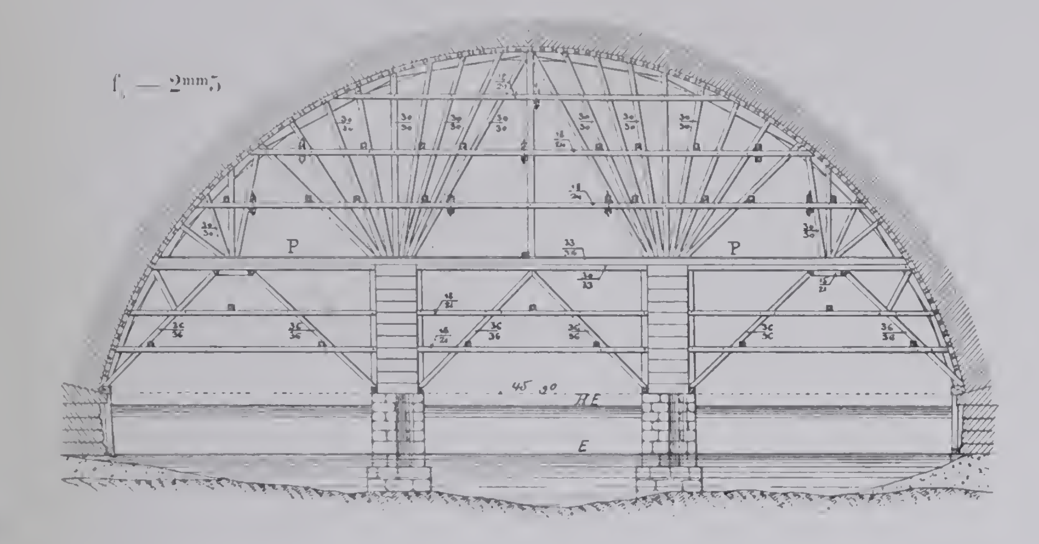
f_3 — Coupe en long — 2^mm



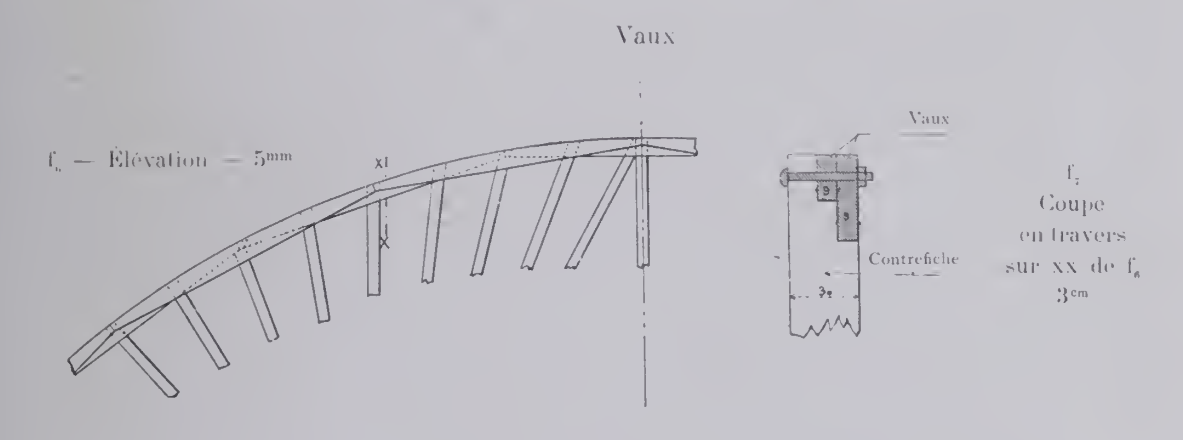
f_4 — Coupe sur xx de f_3 — 4^mm



2. Cintre. — Il est imité de celui de Chester.[1]



Les vaux se composent de deux madriers de 0m09 à joints alternés (f_6).



Ils sont boulonnés sur l'about des contrefiches entaillées à la demande (f_7).

Entre les vaux et les couchis, sont disposés des coins en chêne pour le décintrement.

Les voussoirs sont posés directement sur les couchis de 24cm d'épaisseur, entaillés à leur about de la saillie des bandeaux (6cm).

3. Exécution.

A. - Fondations de la pile-culée rive droite (f_4). — On fonda, devant sur le rocher, derrière sur un lit de béton de 1m reposant partie sur rocher, partie sur gravier.

1. — $\widehat{A}^1$ r^{te} (> 40m) 3 — Tome III.

A l'aplomb du passage du rocher au béton, on a cramponné entre eux les moellons de la première assise.

B. - Grande voûte. — « *On voulut construire la première assise* (à 75°30') « *sans soutenir les voussoirs; mais, à peine le premier voussoir était-il posé sur le* « *mortier, qu'il glissa.... et alla tomber dans la rivière....* (S_1).

La voûte est construite à pleine épaisseur. Les bandeaux sont composés, suivant les génératrices de douelle, de deux voussoirs assemblés, à leur extrados, par des crampons en fer scellés au plomb.

Les têtes sont reliées par trois tirants en fer.

Aux reins, dans 6 joints de chaque côté de la clef, on a disposé des lames de plomb de 4mm5 d'épaisseur et 7cm5 de largeur, s'arrêtant à 3cm de la douelle.

Avant le clavage, on comprima les deux demi-voûtes en enfonçant des coins en chêne entre la dernière assise posée et une clef provisoire. On mesura alors l'intervalle entre les deux demi-voûtes, et on tailla les voussoirs de clef de façon que, mis en place, ils s'arrêtassent de 12 à 16cm des couchis. On les enfonça alors avec des masses en bois.

4. Dates. — Les fondations furent commencées en septembre 1840. La première pierre fut posée le 3 juillet 1841.

La voûte fut commencée le 22 mai 1843, et clavée du 14 septembre au 18 septembre.

5. Personnel. — L'Ingénieur en chef Negrelli, de Zurich, adopta une grande arche, après avoir consulté plusieurs Ingénieurs, entre autres Donegani, Jaquiné, Mosca[2].

Une Société avait été fondée pour exécuter les travaux moyennant un péage ; puis le pont revint à l'Etat.

L'Ingénieur-Directeur de cette Société, le Capitaine du Génie Rudolph Wurstemberger, prépara le projet et surveilla l'exécution.

Les travaux furent confiés à l'Ingénieur-Entrepreneur, C. E. Müller, d'Altorf.

2. — Donegani, Ingenieur en chef des Ponts et Chaussees de la Province de Sondrio (Royaume lombard-vénitien).
Jaquiné, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussees du Département de la Meurthe.
Le Chevalier Mosca, Inspecteur au Corps des Ingenieurs civils de Turin.

SOURCES :

S_1. — Allgemeine Bauzeitung, 1843, p. 190 à 220, Pl. DXXXIX à DXLII : « *Baugeschichte* « *der Nydeckbrücke in Bern.* » Mittheilung von J. R. Hürsch.

S_2. — Ce que j'ai vu — juillet 1908.

PONT SAINT-ÉTIENNE *(STEFANSBRÜCKE)*

SUR LA RUZBACH *(AUTRICHE, — Tyrol)*

Route d'Innsbruck à Matrei (Route du Brenner)[1]

1842-1846 (S''_1) $\widehat{A}^1$ r^{te} ($>$ 40m)7

Φ_1 (S_3)



1. Dispositions à signaler (S_3). — Comme aux ponts presque contemporains de Crespano[2] et de Nydeck[3], l'intrados est un arc très peu surbaissé, monté sur piédroits.

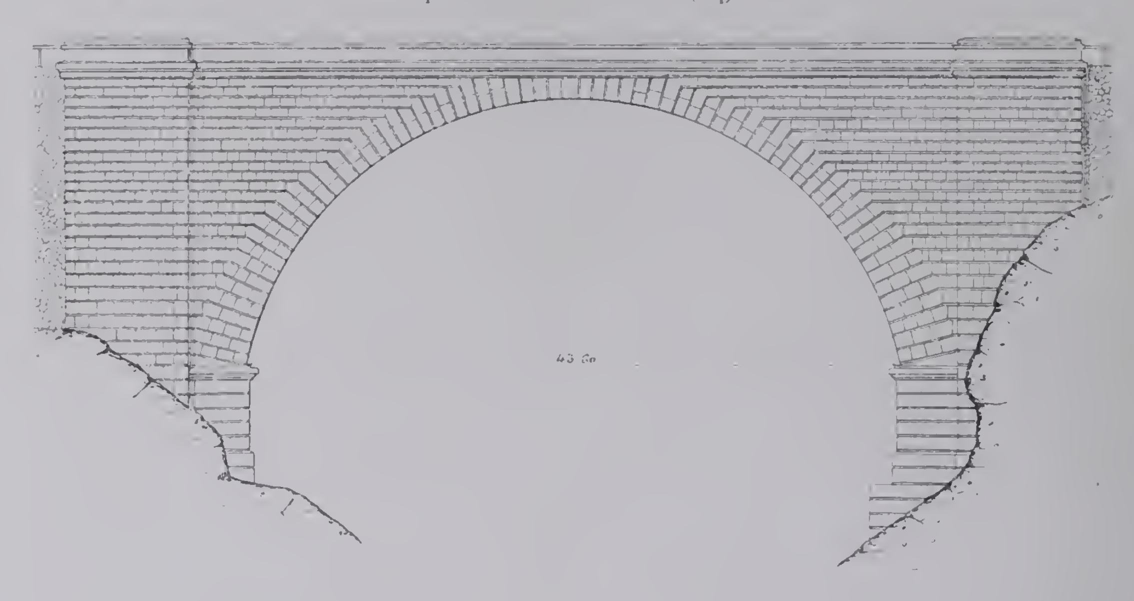
A signaler : la vigoureuse corniche, les refends profonds des têtes, l'épais cordon des naissances.

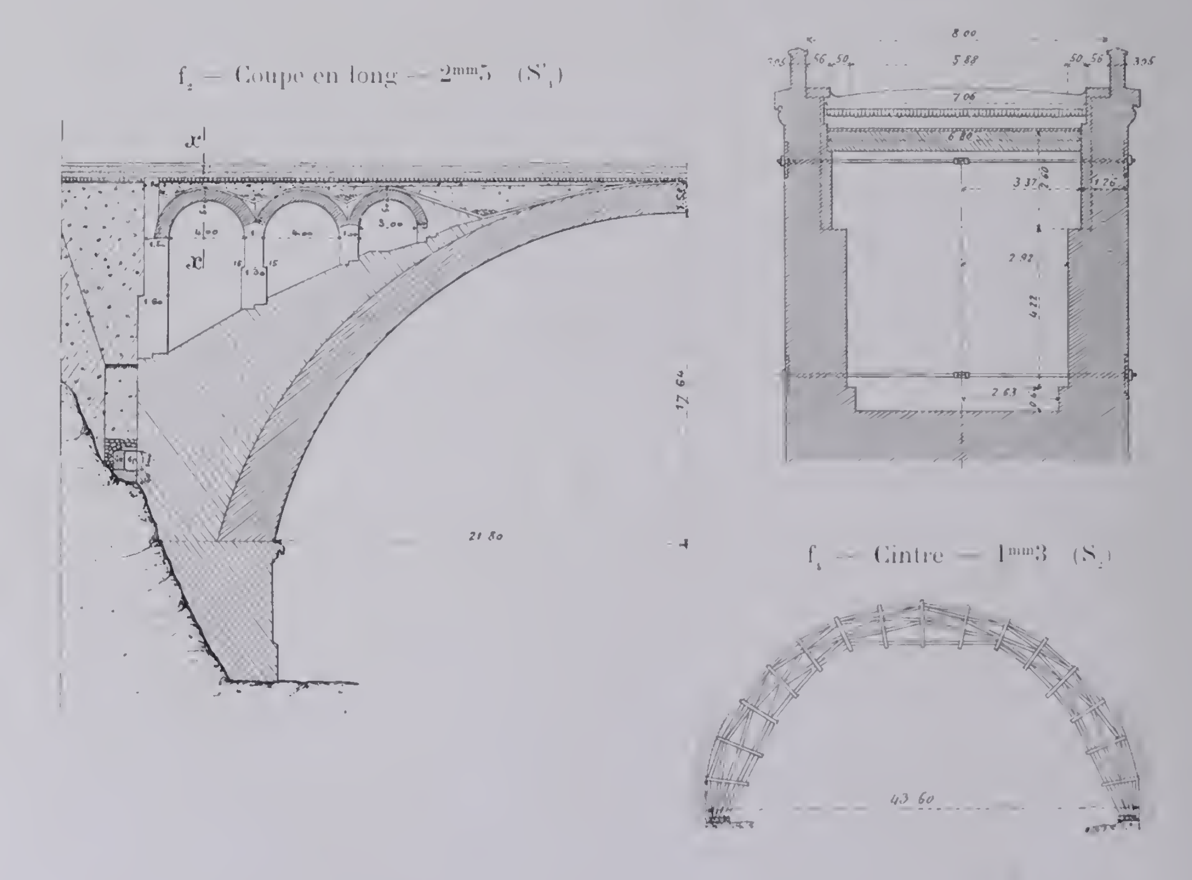
1. — A 8km d'Innsbruck, près de la halte de Unterberg-Stefansbrücke (Ligne d'Innsbruck à Franzensfeste).

2. — $\widehat{A}^1$ r^{te} ($>$ 40m)5 — Construit aussi par les Autrichiens (1832-1836). — Tome II.

3. — $\widehat{A}^1$ r^{te} ($>$ 40m)6 — (1840-1844) — Tome II.


f₁ — Élévation — 2mm (S'₁)





f₂ — Coupe en long — 2mm5 (S'₁)

f₃ — Coupe en travers sur x x de f₂ — 5mm (S'₁)

f₄ — Cintre — 1mm3 (S₂)

2. Date - Personnel. — Une plaque dans un talus, sur le bord de la route, près de la rive gauche du pont, à droite en allant au Brenner, porte cette inscription (S_3) :

Die Stefansbrücke
wurde im Jahre 1844-45 erbaut
Spannweite = 138 Fuss oder 43m62
Höhe = 90 Fuss oder 28m4
Bauunternehmer : Paul Venotti und Joseph Lazzaris
Bauleiter : Leonhard Liebener, K. K. Baudirektions-Adjunkt
Bauführer : Alois Haas, K. K. Brückenmeister
(Insbr. Verschön. Verein)

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution (S'_1) et renseignements (S''_1) gracieusement communiqués par M. Kunst, « Hofrat », Directeur des Travaux Publics du Tyrol et du Vorarlberg, à Innsbruck, sur l'invitation de M. C. Haberkalt « K. K. Ministerialrat » à Vienne.

S_2. — M. Struckel « *Der Brückenbau* », Leipzig, 1906 — Atlas, Pl. 37, fig. 9 (croquis du cintre d'après : « Ržiha » *Eisenbahn - Unter - und Oberbau*, II. p. 206).

S_3. — Ce que j'ai vu — août 1909.

Le pont est très brièvement signalé dans la « Zeitschrift des œsterreichischen Ingenieur - und Architekten Vereins. », 1884, p. 93.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ [1]

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS ROUTE

Série $\overset{\frown}{A}^{1}\overset{\frown}{A}^{1}$ r^{le} (... 40^m) [2]

Voir Préliminaires, Tome II, p. 3 et 4 :
1. — pour la définition des « arcs peu surbaissés ».
2. — pour le sens de ce symbole.

PONTS EN DEUX ANNEAUX A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole 1	PROJET — ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage 2	Largeurs entre parapets *des anneaux à la douelle, à la clef* du vide entre eux Fruit des tympans 3	GRANDES VOÛTES — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances* 4	ÉPAISSEURS CORPS Clef *Retombées* 5	ÉPAISSEURS TÊTES Clef *Retombées* 6	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment* 7	PRESSIONS en kg 0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées 8	1° ÉVIDEMEN[T] DES TYMPAN[S] 2° *DÉCORAT[ION] DES [TÊTES]* 9
Adolphe à **Luxembourg** *Grand Duché de Luxembourg* 1899-1903 $\widehat{A}^1$ $\widehat{A}^1$ 1re (> 40m) 1	*206m 50* 5mm 10mm 20mm RG Clef RD 44m	16m 00 *5m 33* 5m 92 Fruit $\frac{1}{40}$ Revanche de la chaussée sur l'extrados 0m 79	Courbe cambrée par rapport à l'arc de cercle. *Au niveau des fondations :* **84m, 65** *31m 00* $\frac{1}{2,730}$ = 0,366 *Aux sommiers :* **72m, 00** *16m 20* $\frac{1}{4,44}$ = 0,225 *53m 08* *42m 19* *Rayon de l'arc de cercle de mêmes portée et montée* *48m 10*	1m, 44 *2m, 16*	1m, 44 *2m, 16*	Au-dessus des sommiers : Bandeaux : PT [1] Douelle et Queutage : MAV [1] Grès (1193k à 1599k) *Pour 1mc de laitier granulé, Ciment artificiel Vicat n° 1 — 600k* *Mortier fait au manège.*	Pression MAX. moy. *sans surcharge* Clef — 29k (intr[6]) — 22k A 47 % de la 1/2 portée à partir de la clef — 30k (extr[7]) — 17k A 76 % de la 1/2 portée — 27k (intr[6]) — 19k Retombées — 33k (intr[6]) (effort MAX.) — 19k *avec surcharge* *1° sur toute la voûte* Clef — 24k — 24k A 47 % de la 1/2 portée — 30k (extr[7]) — 21k A 76 % — 38k (intr[6]) — 21k Retombées — 40k (intr[6]) (effort MAX.) — 21k *2° sur une 1/2 voûte* Clef — 29k (intr[6]) — 23k a - 1/2 voûte chargée A 47 % de la 1/2 portée — 41k (extr[7]) — 20k A 76 % — 36k (intr[6]) — 20k Retombées — 48k (intr[6]) (effort MAX.) — 20k b - 1/2 voûte non chargée A 47 % de la 1/2 portée — 23k (intr[6]) — 20k A 76 % — 36k (intr[6]) — 18k Retombées — 36k (intr[6]) (effort MAX.) — 20k *Arc élastique* *Méthode graphique Culmann-Ritter* [8] Surcharges : sur les trottoirs : 400k mq ; sur la voie du chemin de fer : 2 locomotives de 40T; sur la chaussée : 3 files de tombereaux de 11T	1° 8 voû[tes] transvers[ales] vues en plein cin[tre] de 5m 4[0] sur pile[s] [de] 1m 08 d'épaiss[eur] aux naissan[ces] 2° *Corbe[aux] aux c[lefs]* *Archiv[oltes]*

1 Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, page II, n° 6. — 6 Intrados. — 7 Extrados. — 8 Elle est exposée : Tome V. — Appe[ndice]

SÉRIE $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$ r^le (= 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

FONDATIONS: Nature du sol; Profondeur sous l'étiage; Pressions sur le sol kg 0m01²; Procédé	EXECUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRE — FERMES: Type; Matière; Appareils de décintrement	Nombre; Épaisseur; Écartement d'axe en axe; Surhaussement	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses: Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT: État d'avancement du Pont; Temps entre le dernier clavage et le décintrement; Date	TASSEMENTS DE LA CLEF: sur cintre t_c; au décintrement t_v; après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q; DÉPENSE D; Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
				pour un seul anneau				
Rocher	Retroussé sur 56m20	5	387 mc	0mc63	A partir de 61m13' de la clef: 3 rouleaux.	Voûtes d'évidement clavées avec des coins en bois.		Maçonnerie : 20495mc Béton armé : 358
		Fermes intermédiaires: 23cm *Fermes de rive:* 19cm	57900k	95k		*1re Voûte (aval)*		Q = 20853mc
	Sapin	1m60	101139f	165f8	Au 1er, 10 tronçons, 21 clavages ;	*93 jours* Octobre	t_c 140mm t'_v 6mm	Q : S_p = 6mc31 Q : W = 0mc26
		135mm			au 2e, 8 tronçons, 5 clavages :	*2e Voûte (amont)*		
	Écrous des câbles et Coins		On a fait les deux voûtes sur le même cintre.		au 3e, 8 tronçons, 7 clavages.	.. Septembre	» t'_v = 5mm	D = 1 548 456f D : S_p = 469f D : W = 19f6 D : Q = 74f3
»								

2. Sur le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *B*.

PONTS EN DEUX ANNEAUX A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* entre abouts des parapets Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets { *des anneaux* en douelle, à la clef du vide entre eux Fruit des tympans	GRANDES VOÛTES — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure :* { *à la clef* / *aux naissances*	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Retombées*	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Retombées*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1 mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMEN[TS] DES TYMPANS 2° *DÉCORATIO[N] DES TÊTE[S]*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Walnut Lane** à **Philadelphie** *États-Unis* 1906–1908 $\widehat{A}^1$ $\widehat{A}^1$ r^{te} (< 40m)2	*178m 31* 10mm 15mm Ouest Est 44m 81 (étiage)	17m 068 *5m 186* 4m 877 Fruit $\frac{1}{40}$ Revanche de la chaussée sur l'extrados : 2m59	Arc d'anse de panier à 3 centres 70m 714 [2] *21m 112* $\frac{1}{3,346} = 0,302$ *36m 195* *47m 50* *Rayon de l'arc de cercle de mêmes portée et montée.* *39m 90*	1m 676 *2m 895*	1m 676 *2m 895*	Béton à : Ciment Portland 1v Sable.......... 2v Pierre cassée... 5v (fait à la machine) et gros moellons méplats suivant le rayon. (331k à 1 an) En parement, béton à 1v, 2v, 3v	Pression aux retombées : MAXIMA : 26k6 (maxima pour la voûte) Moyenne : 16k8 » Surcharges : uniforme : 488k mq concentrée : 40t sur 2 essieux de 1m829 espacés de 6m10. Vent de 244k mq	1° Sur chaque t[ête] 2 murs de 0m[…] percés d[e] 8 voûtes transversa[les] en plein cint[re] de 6m096 sur piles de 1m22, reliées par des [...] transversa[ux] en béton a[rmé] 2° *Archivo[lte]*
sur la **Rocky River** près de **Cleveland** *États-Unis* 1908–1910 $\widehat{A}^1$ $\widehat{A}^1$ r^{te} (< 30m)3	*215m 79* 15mm 28m95 (étiage)	17m 068 *5m 186* 4m 877 Fruit $\frac{1}{40}$ Revanche de la chaussée sur l'extrados : 1m676	Arc d'anse de panier à 3 centres 85m 344 *24m 638* $\frac{1}{3,463} = 0,289$ *50m 139* *18m 343* *Rayon de l'arc de cercle de mêmes portée et montée* *49m 27*	1m 829 *3m 352*	1m 829 *3m 352*	Béton à : Ciment Portland 1v Sable.......... 2v Pierre cassée calcaire.... 4v et gros moellons (Claveaux en béton à 1v, 1v, 2v, sans gros moellons)	Pressions : 1° sans surcharge MAXIM. / moy. Clef 27k3 / 25k6 Retombées 26k0 / 19k3 2° avec surcharge Clef 44k1 / 37k1 Retombées 39k8 / 32k3 *Arc élastique* Surcharges, en kg mq Trottoirs : 391k Chaussée : aux bords : 488k au milieu : 1318k Vent de 146k mq Variation de température de 24° C. Retrait du béton.	1° Sur chaque tê[te] 2 murs de 0m[…] percés d[e] 8 voûtes transversa[les] en plein cin[tre] de 6m40, sur pile[s] de 1m22 reliées par des m[…] transversa[ux] en béton a[rmé] 2°

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, p. II, n° 6.

2. — L'ouverture entre parements des culées est 71m023

SERIE $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$ r[te] (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0m01² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rocher en gradins 1m50 et 6m50 sous le terrain naturel *Massifs des culées en béton et gros moellons; base armée.*	Fixe *Pin jaune* travail effectif 70k $\overline{0^m01}^2$ Coins	6 2,5cm 1m524	788mc acier 116T boulons et clous 16T métal 132T » On a fait les 2 voûtes sur le même cintre.	pour un seul anneau 1mc20 202k »	A pleine épaisseur, en 22 tranches symétriques. 17 clavages.	*1re Voûte* Au cerveau, tympans achevés; aux reins, murs transversaux commencés. *1 mois* Juillet *2e Voûte* » *6 semaines* Novembre	*1re Voûte* t_c chargement du cerveau 4mm8 fin du bétonnage 50mm8 avant décintrement 95mm3 Les fermes intermédiaires ont tassé de 38mm en plus. t'_v 3mm2 (aux reins : 1mm6) *2e Voûte* t_c 95mm3 t'_v 3mm2 (aux reins : 1mm6)	Fondations : 1758mc Élévation : 12828mc Q = 14586mc Q : S_p = 4mc79 Q : W = 0mc17 D = 1 830 000f D : S_p = 601f2 D : W = 21f2 D : Q = 125f5
Schiste dur – 7m315 Pressions : MAX moy sans surcharge 7k 6k1 avec surcharge 7k5 6k5 *Batardeaux* *Peu d'épuisements*	Retroussé sur toute la portée *2 fermes d'acier à 3 articulations* Coins à vis	2 » 7m06	» acier 400T 138039f [7] On a fait les 2 voûtes sur le même cintre.	pour un seul anneau » 584k 201f8	A pleine épaisseur. en 12 tranches symétriques. 11 clavages	*1re Voûte (Sud)* » *19 jours* 28 septembre	t_c 44mm5 sous chargement au cerveau. t'_v 11mm6 (1mm8 à 30m48 de la clef.)	

[2] Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *B*.
7 — On a utilisé dans le pont 160T d'acier du cintre, valant 49 115f Le prix net du cintre est donc 138 039f — 49 115f = 88 924f soit par mq. de douelle d'un seul anneau, 130f.

PONTS EN DEUX ANNEAUX A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT — Date — Symbole	PROJET — ENSEMBLE: *Longueur entre abouts des parapets* — Déclivités — Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	ENSEMBLE: Largeurs entre parapets { *des anneaux en douelle, à la clef* / du vide entre eux } — Fruit des tympans	GRANDES VOÛTES — INTRADOS: Portée — *Montée* — Surbaissement — *Rayons de courbure* : { *à la clef* / *aux naissances* }	ÉPAISSEURS — CORPS: Clef — *Retombées*	ÉPAISSEURS — TÊTES: Clef — *Retombées*	MATÉRIAUX: *Mortier* — *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg (0m01)² — *Hypothèse adoptée* — Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS — 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Sidi-Rached** à **Constantine** *Algérie* 1908–1912 $\widehat{A}^1$ $\widehat{A}^1$ I^{le} (40m) 4	*147m* sur la grande arche : RG 11mm7 RD 100m	12m00 { 1m 125 / 3m 925 } Fruit $\frac{1}{40}$ Revanche de la chaussée sur l'extrados : 1m00	Arc de cercle *Au niveau des fondations* : 68m,76 *25m 00 (moyenne)* $\frac{1}{2,76} = 0,362$ *Aux sommiers* : 67m,37 *21m 92 (moyenne)* $\frac{1}{3,08} = 0,324$ *Rayon d'intrados* : *37m00*	1m,50 *Rive gauche* 2m,85 *Rive droite* 2m93	1m,50 *Rive gauche* 2m85 *Rive droite* 2m93	Bandeaux : PT [1] Douelle, Queutage : MA [1] Calcaire *Ciment artificiel Vicat, de Valdonne, 600k* *Joints de 12 à 16mm*	Pression maxima dans les voûtes : 29k (clef) *Arc élastique* *Méthode analytique de M. Résal.*	1° 8 voûtes transversal vues en plein cintr de 4m75 (rive droite et 4m85 (rive gauch sur piles de 1 2° *Archivolt* *Cartouch à la Clef*

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, p. II, n° 6.

SÉRIE $\widehat{A}^1\widehat{A}^1$ r^re (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

…ONDATIONS …*ure du sol* …ofondeur …s l'étiage Pressions sur le sol …2 0m01² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rocher *…eire*	Retroussé sur 56m	On a fait un cintre pour chaque anneau. Sous chaque anneau	Pour les deux anneaux : 511 mc	0mc60	A partir de 59° de la clef : 3 rouleaux.	Piles d'élégissement commencées	t_c = 40mm	Ouvrage entier : D = 1 830 000f D : S_p = 341f1 D : W = 13f4 D : W' = 16f9 [5] *Dalle en béton armé :* *Béton .... 508mc* *Fer .... 97 T* *Dépense totale .... 112128 f* [6] *par mq de surface couverte 62 f* *par mc .... 192 f* Grande voûte et demi-voûtes voisines : Q = 7711mc [6] Q : S_p = 6mc24 Q : W = 0mc13 Q : W' = 0mc24 [5] D = 776 700f D : S_p = 624f1 D : W = 13f0 D : W' = 24f0 [5] D : Q = 102f3
	Type Pt de Luxembourg $\widehat{A}^1\widehat{A}^1$ r^re (> 40m) [1]	4 *23m* 1m50	Fer *Boulons, plaques, etc.* 32T2 Acier *Câbles* 13T1 *Étriers* 9T9 Fonte *Culots* 21T0		1er rouleau, 8 tronçons 17 clavages 2e et 3e roul. 8 tronçons 7 clavages	»	»	
	Pin blanc d'Autriche	*50mm*	Métal fusible *Culots* 1T1 Plomb 6T Zinc 0T4			»	»	
	Vérins hydrauliques et Coins		Poids de métal 83T7 250 133f	99k 296f				

…le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. III, n° [illegible] — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. [illegible]) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — B.
[6] Renseignements qu'a bien voulu donner l'Entrepreneur du Pont, M. Vitte.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1 r^{te} (> 40^m)$

MONOGRAPHIES

PONT ADOLPHE, SUR LA VALLÉE DE LA PETRUSSE, A LUXEMBOURG

Boulevard de la Gare et Ligne d'intérêt local de Luxembourg à Echternach

1899-1903 $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1 r^{te} (> 40^m) 1$

Φ_1 — aval — juin 1904



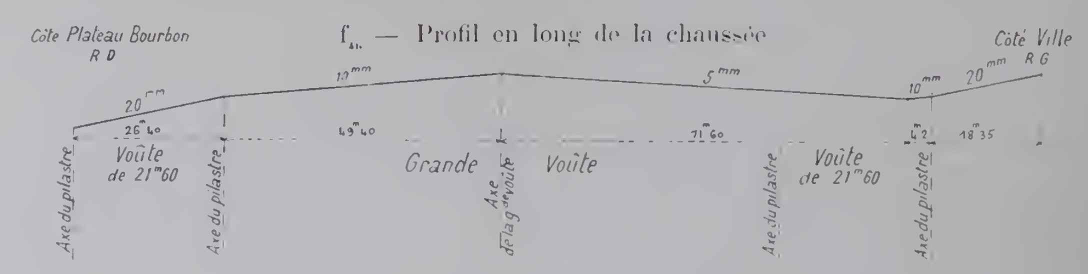
1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — L'ouvrage est jeté, bien en vue, entre deux berges de rocher, par-dessus une vallée profonde, aujourd'hui parc public.

Le Gouvernement voulait là une grande voûte : c'en était bien la place.

2. Déclivités. — Un pont à pente unique eût paru tomber vers sa culée droite, plus basse d'environ 4m.

De plus, à peine de paraître creux, il devait avoir, au milieu, un point haut.

Voici le profil en long adopté :



f_{41}. — Profil en long de la chaussée

3. Deux ponts jumeaux portant un plancher en béton armé.

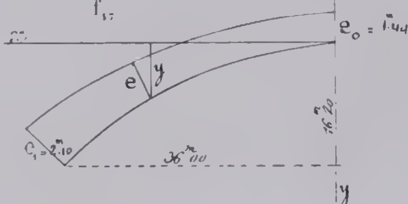
Deux ponts, écartés de 5m92 à leur clef, portent une dalle en béton armé (Pl_2, f_4).

Ils ne sont réunis qu'aux culées extrêmes, et seulement au-dessus du sol, par une voûte à axe vertical (Pl_2, f_6, f_7).

On a un pont de 16m de large, avec deux anneaux de 5m25 construits sur le même cintre.

Les carrières débitaient peu : on a fait les deux voûtes l'une après l'autre. Il eût fallu attendre un an pour commencer une voûte unique.

4. Intrados. — Pour l'aspect, et pour rapprocher les courbes de pression de la fibre moyenne, l'intrados est cambré par rapport à l'arc de cercle de même portée et de même montée. L'écart maximum est de 0m40, à 27m03 de la clef [1].



Son équation est (f_{47}) :

$$y = 141{,}2981\left[1 - \sqrt[6]{1 - 0{,}0004\,x^2}\right]$$

5. Extrados. — L'épaisseur e de la voûte, comptée normalement à l'intrados, est (f_{47}) :

$$e = e_0 + (e_1 - e_0)\left(\frac{y}{16^m 20}\right)^{\text{[illegible]}}$$

6. Voûtes d'évidement. — L'ouverture en a été limitée à 5m40, pour ne pas trop concentrer les charges sur le dos de la grande voûte.

Un haut chapiteau dissimule la trop grande hauteur des piles (Pl_1, f_1 ; Pl_2, f_{22}).

7. Voûtes extrêmes de 21m60 (Pl_1, f_1). — Les pointes des crossettes dessinent une courbe surhaussée.

8. Corniche (Pl_3, f_{14}, f_{15}, f_{47}). — C'est celle des grands ponts des XVIIe et XVIIIe siècles. Elle couronne encore les vieux remparts, qui restent, de Vauban et de Marie-Thérèse.

1. — Soit aux 75/100 de la demi-corde des sommiers (36m).

$\widehat{A}_1\widehat{A}'_1$ p[te] (≃ 40m) 1 PONT ADOLPHE, A LUXEMBOURG Φ_2 — aval — Juin 1904



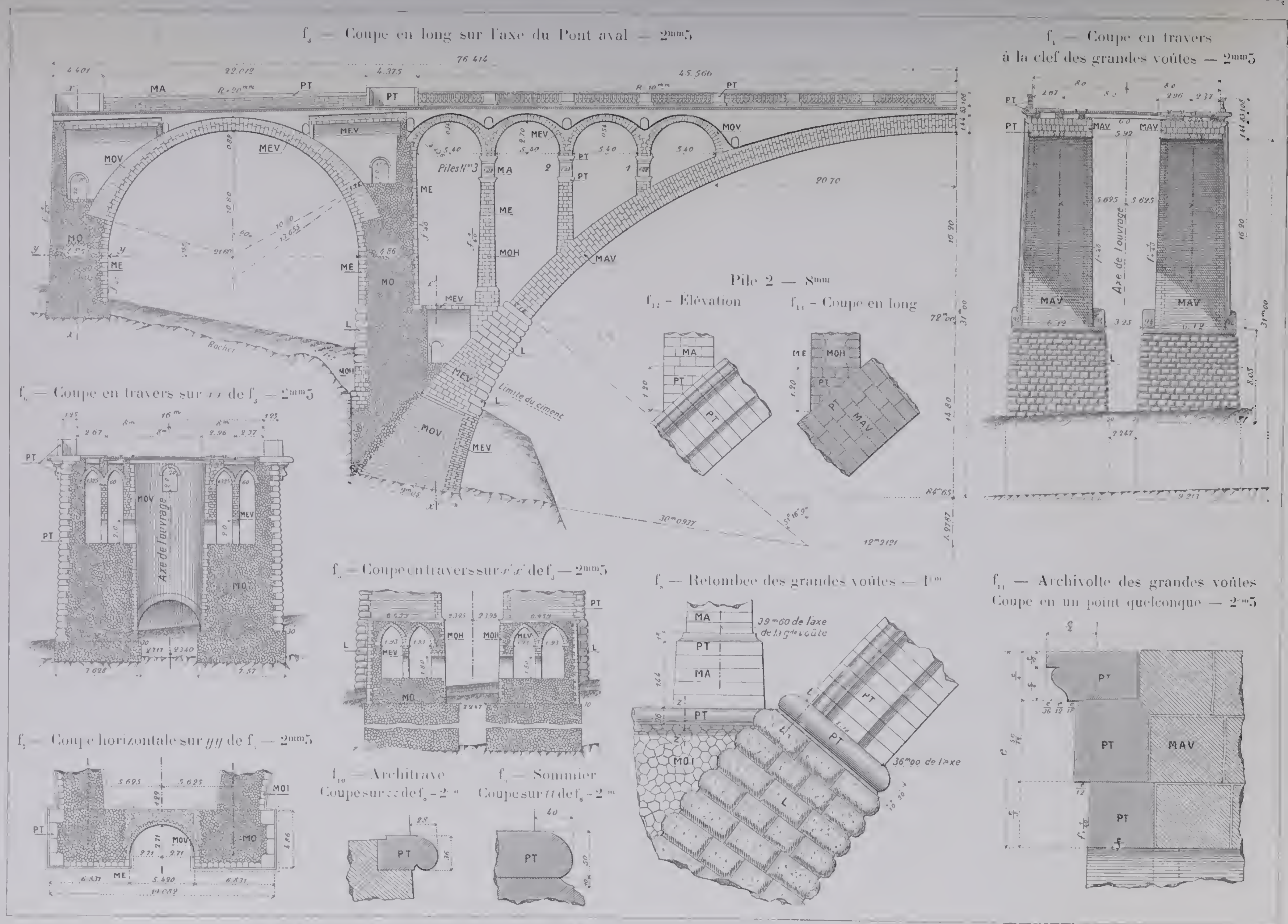
PONT ADOLPHE, A LUXEMBOURG

f1 — Élévation aval — 2mm

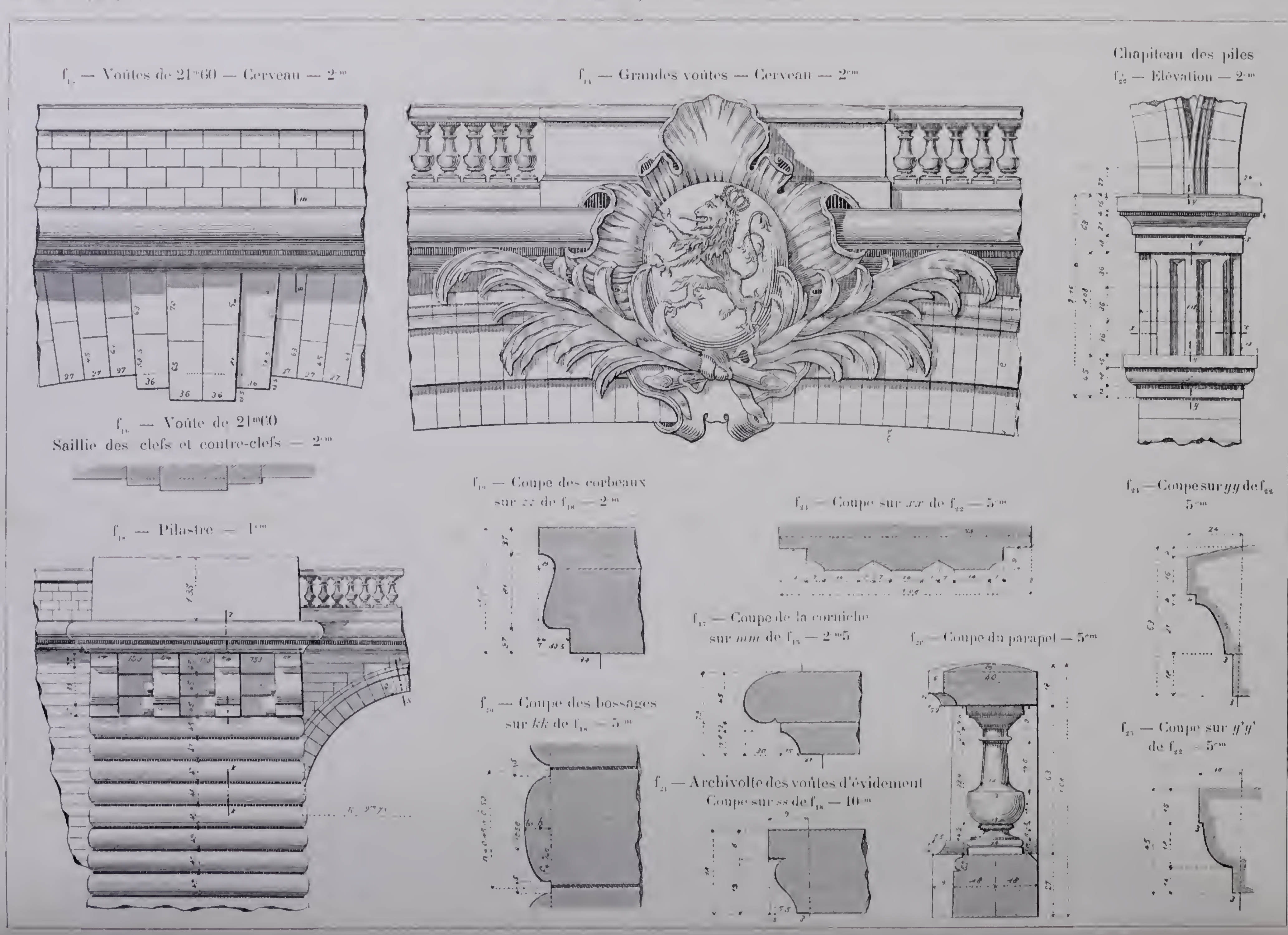
f2 — Plan par-dessus — 1mm5

Demi-pont, côté rive droite

Terre-plein rive gauche



Pour le sens des abréviations L, PT, MAV, MA, MEV, ME, etc... Voir Avertissement, Tome II, page II, n° 6.


f — Voûtes de 21m60 — Cerveau — 2cm
f_{14} — Grandes voûtes — Cerveau — 2cm
Chapiteau des piles
f_{22} — Élévation — 2cm
f — Voûte de 21m60
Saillie des clefs et contre-clefs — 2cm
f_{18} — Pilastre — 1cm
f_{19} — Coupe des corbeaux
sur zz de f_{18} — 2cm
f_{21} — Coupe sur xx de f_{22} — 5cm
f_{23} — Coupe sur yy de f_{22}
5cm
f_{17} — Coupe de la corniche
sur mm de f_{15} — 2cm5
f — Coupe du parapet — 5cm
f_{20} — Coupe des bossages
sur kk de f_{18} — 5cm
f — Archivolte des voûtes d'évidement
Coupe sur ss de f_{18} — 10cm
f_{25} — Coupe sur y'y'
de f_{22} — 5cm

9. Parapet. — Au-dessus de la voûte centrale, qui est légère, court un léger parapet à balustres (Pl_1, f_1 ; Pl_3, f_{14}, f_{26}).

Au-dessus des voûtes extrêmes, qui sont comme les culées de la grande, le parapet est plein (Pl_1, f_1 ; Pl_3, f_{15}).

Aux murs extrêmes, en maçonnerie brute, il n'y a ni corniche, ni bahut (Pl_1, f_1). Ces culées brutales ne font pas partie du pont : elles l'encadrent.

Les candélabres, projetés le long des trottoirs, ont été plus tard placés sur le parapet. La circulation y a gagné : l'aspect, non.

10. Cartouches. — Les clefs et contre-clefs portent les armes du Grand-Duc (Pl_3, f_{11}).

11. Pierres. — Sauf les balustres en calcaire d'Euville (Meuse), tout est en grès du Luxembourg.

Dans les grandes voûtes, on a employé uniquement le plus résistant, celui de Gilsdorf ; grès gris foncé ; résistance 1193 à 1599^k [2, 3].

On a pris dans les carrières d'Ernzen (grès calcaire gris rosé ; résistance 435 à 500^k [4]), les autres matériaux en élévation : pilastres, bandeaux, couronnement.

Les massifs de fondation sont en grès de la carrière voisine de Verlorenkost ; résistance 538 à 692^k [5].

12. Mortiers. [6]

A. - 1^{mc} de laitier granulé (obtenu en coulant dans l'eau le laitier sortant du haut-fourneau ; — usines de la région, spécialement, celle de Dommeldange), *et :*

1° *Ciment artificiel Vicat n° 1 de Vif* (Isère).

600^k. — Grandes voûtes à partir du joint à 63° de la clef, fûts des parapets, balustres ;

400^k. — Corniches, corbeaux, bahuts.

2° *Chaux de Strassen* (Luxembourg) : *350^k*. — Murs extrêmes

B. - 0^{mc} 8 de laitier granulé, 0^{mc} 2 de sable fin de la Moselle [7] (dépôts de Wasserbillig), *et :*

Chaux Pavin de Lafarge (ficelle blanche) :

350^k. — Les culées des grandes voûtes au-dessous des joints à 63° ;

250^k. — Tout le reste.

2. — Le marché imposait 1400^k.

3. — Densité : 2500^k. Eau absorbée : 6,5 à 9 ‰ } Essais du Laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées (février-mars 1899).

4. — — 2200^k. — 14 ‰

5. — — 2380^k. — 9,5 ‰

6. — Résistances à la traction imposées par le marché :

	Pâte pure		Mortier à 1 de ciment et 3 de sable normal de Leucate (en poids)	
	à 7 jours	à 28 jours	à 7 jours	à 28 jours
Ciment Vicat	20^k	35^k	8^k	15^k
Chaux du Teil	3^k 4	7^k	2^k 5	6^k 5
Chaux de Strassen	2^k	5^k 5	2^k	4

7. — D'après les essais, le sable fin de la Moselle seul donne avec la chaux un mortier très inférieur au laitier seul. Mais on augmente toujours la résistance en mélangeant du sable au laitier : le meilleur mélange est celui de 4 parties de laitier pour 1 de sable. A 300^k, 250^k, il est supérieur au mortier de laitier seul à 350^k, 300^k.

13. Chape. — Sur les extrados cachés, 3^{cm} de mortier à 350^{k} de chaux du Teil, massivé ; puis $1^{cm}5$ de mastic sablé d'asphalte.

Sur les faces intérieures des tympans, 1^{cm} d'asphalte pur.

Sur la dalle en béton armé, un enduit en mortier de ciment à 450^{k}, et, par-dessus, des plaques de plomb Siebel [8], sur 2^{m} à partir des bordures de trottoir.

14. Pont de service [9]. — Le Cahier des charges défendait de prendre appui sur le cintre.

MM. Fougerolle, entrepreneurs, ont établi un très léger pont de service par lequel on a cependant amené des libages de 3.500^{k} [10].

Il était long de 171^{m}, haut de 41^{m}.

Voici les quantités :			par mètre cube de maçonnerie d'un des deux ponts (10.426^{mc})	par mètre carré d'élévation (4.950^{mq})
Maçonnerie		60^{mc}	$0^{mc}0057$	$0^{mc}0121$
Bois	ronds .... 60^{mc} équarris .... 280^{mc}	340^{mc} [11]	$0^{mc}0326$	$0^{mc}0686$
Fers	boulons et plaques 3220^{k} câbles, haubans .. 780^{k}	4000^{k}	$0^{k}3836$	$0^{k}8080$

15. Cintre. — *A.- Description des fermes* (Pl_4, Pl_2). — Les deux voûtes ont été faites sur le même cintre retroussé, transporté de la première sous la seconde.

Les abouts des vaux sont soutenus, soit par une contrefiche unique dans le sens du rayon, soit par deux contrefiches inclinées [12]. Leurs pieds portent sur les sommets d'un polygone formé par 9 arbalétriers doubles inclinés l'un sur l'autre à 162° au plus, maintenus par des câbles d'acier (Pl_4, f_{27}).

8. — Mince feuille de plomb entre deux couches de carton bitumé.

9. — Il a été décrit dans l' « Ingénieur-Constructeur de Travaux publics », 1902, 4e trimestre, p. 85 à 93, Pl. IV à VIII : « *Le nouveau pont de Luxembourg* », M. B. Ferrieu.

10. — Avec la grue roulante et son contrepoids, le poids concentré était d'environ 10 tonnes.

11. — 1^{mc} de bois a demandé :

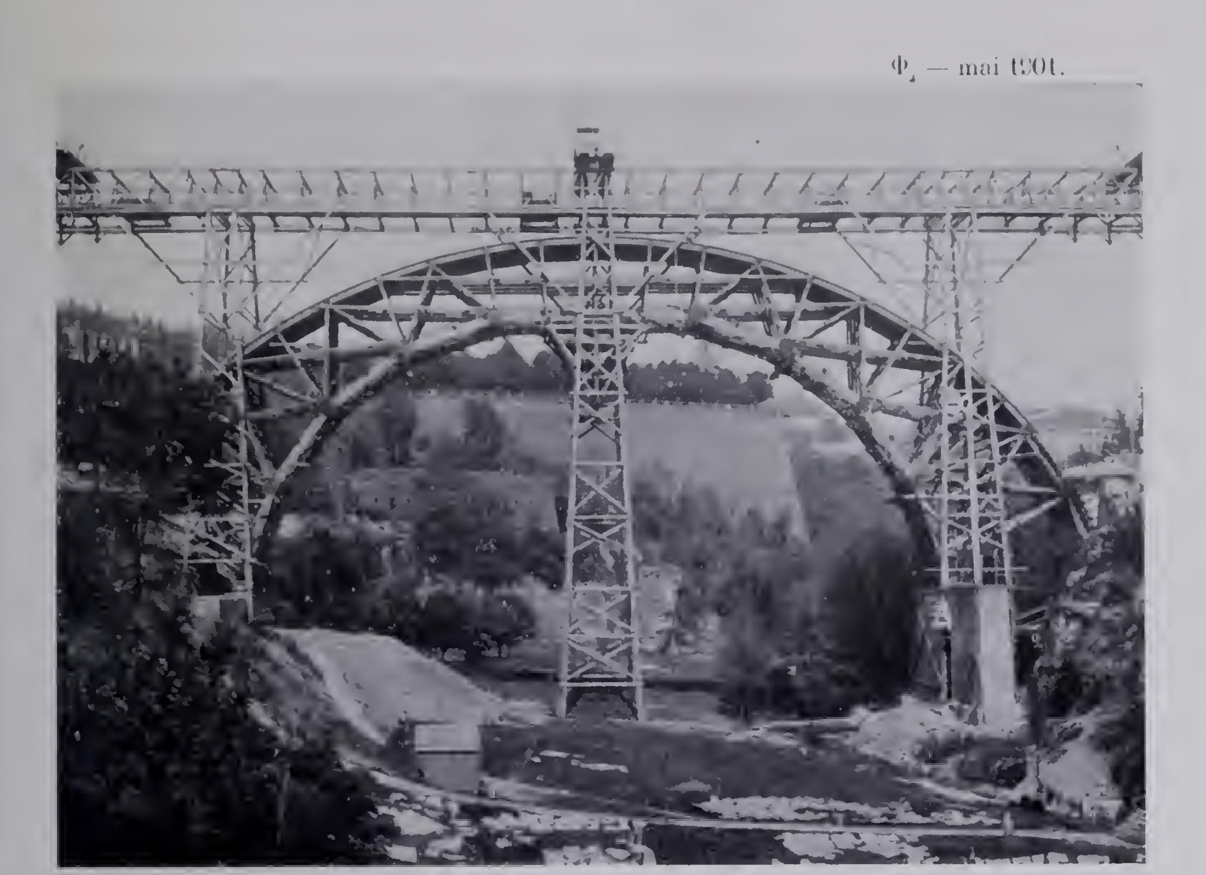
	Charpentiers	Manœuvres
Taille	12 h 67	9 h 26
Transport, montage	13 h 44	13 h 35
	26 h 11	22 h 61

12. — Ponts du Castelet $\widehat{A}^1$ F^r ($>$ 40m)³, de Lavaur $\widehat{A}^1$ F^r ($>$ 40m)⁴, Antoinette $\widehat{A}^1$ F^r ($>$ 40m)⁵ — Tome II.

L'arbalétrier supérieur, qui est horizontal, est armé par une clef pendante (Pl_4, f_{27}).

J'avais, autrefois, employé pour les pièces tendues, soit des cornières,[13] mais on ne pouvait pas les tendre), soit des barres filetées.[14]

Φ_4 — mai 1901.



Les câbles travaillent sans danger à 25^k par $\overline{0^m001}^2$; on les tend très facilement.[15]

Les câbles de Luxembourg[16] étaient en fils d'acier doux, tordus alternativement, résistant au moins à 90^k ; les étriers et brides, en acier à 56^k et 18 %.

Les câbles sont fixés comme ceux des ponts suspendus. Leurs abouts s'épanouissent dans des culots en fonte accrochés à des étriers, retenus par des brides, qui s'appuyent sur le dos des nœuds du chevalement (Pl_5, f_{36} à f_{41}).

13. — Pont du Castelet $\widehat{A}^1 F^r (> 40^m)^3$ — Tome II.

14. — Pont de Saint-Waast (Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, p. 448, Pl. 41).

15. — J'avais expérimenté ce système aux ponts de la Vallière (25^m) (Ligne de St-Jean de Losne à Lons-le-Saulnier), de l'Arconce (25^m), du Sornin (35^m) (Ligne de Paray-le-Monial à Givors).

Il l'a été au pont de Sidi-Rached, à Constantine (70^m) $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1 r^{te} (> 40^m)^4$ — Tome II.

16. — Fournis par M. Arnodin, Ingenieur-Constructeur à Chateauneuf-sur-Loire (Loiret).

On règle très facilement la tension en manœuvrant les écrous des étriers.

La tension d'un câble est mesurée par sa flèche : on la lisait de suite sur une planchette graduée, placée au milieu du câble.

De plus[17], on tendait, à côté de chaque câble du cintre, un petit câble-témoin de même flèche, dont on mesurait la tension par un dynamomètre.

La tension mesurée a toujours été légèrement inférieure à la tension calculée.

Φ_1 — mai 1901.



Les abouts des arbalétriers de retombée A_1 (Pl_4, f_{27}), taillés en courbe convexe, reposent sur des sommiers en chêne creusés en forme d'ange à fond arrondi, portés par des coins en chêne (Pl_4 – Nœud α de f_{27} ; – Pl_5, f_{13}, f_{19}, f_{45}).

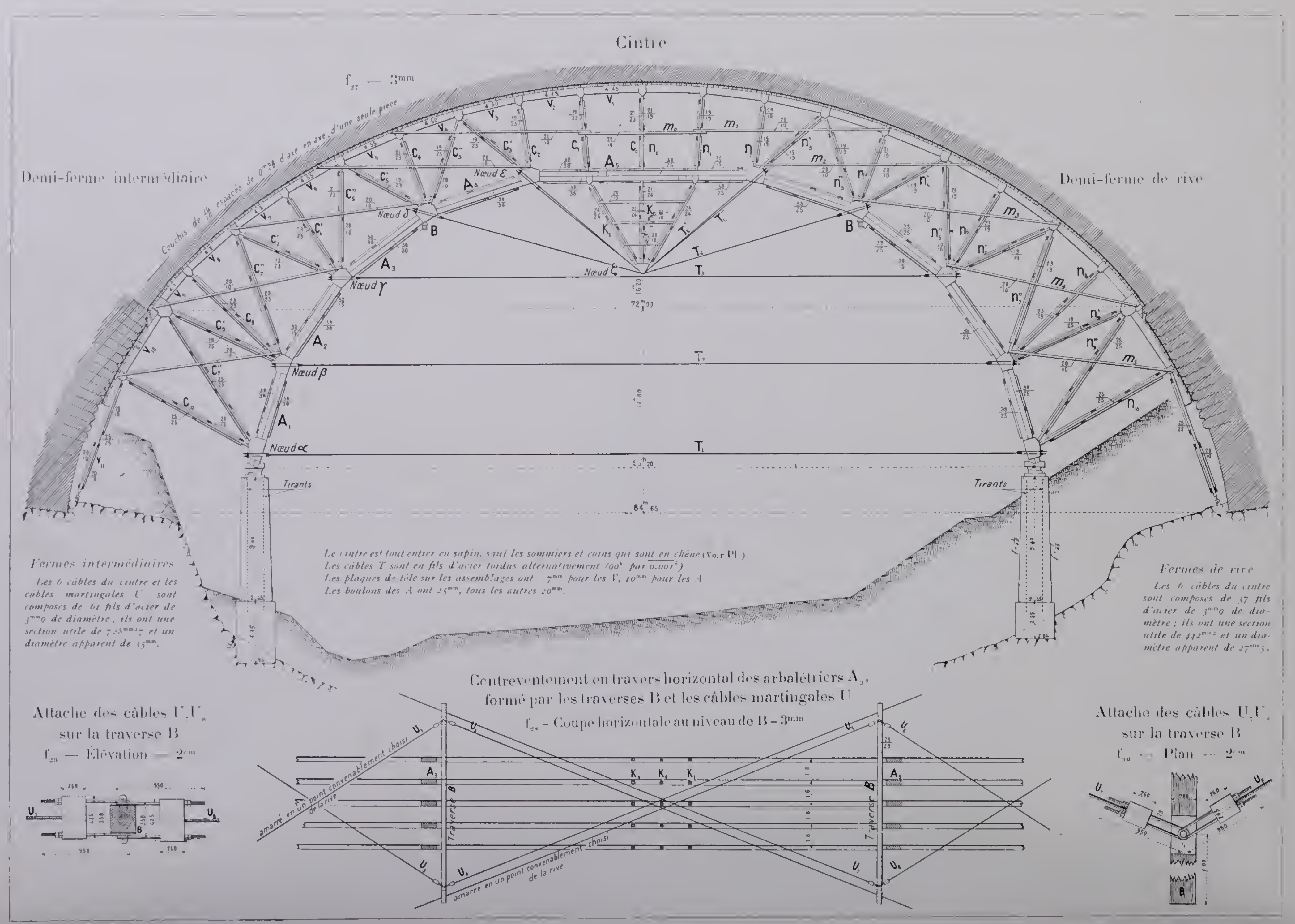
Le chevalement pouvait ainsi fléchir dans son plan.

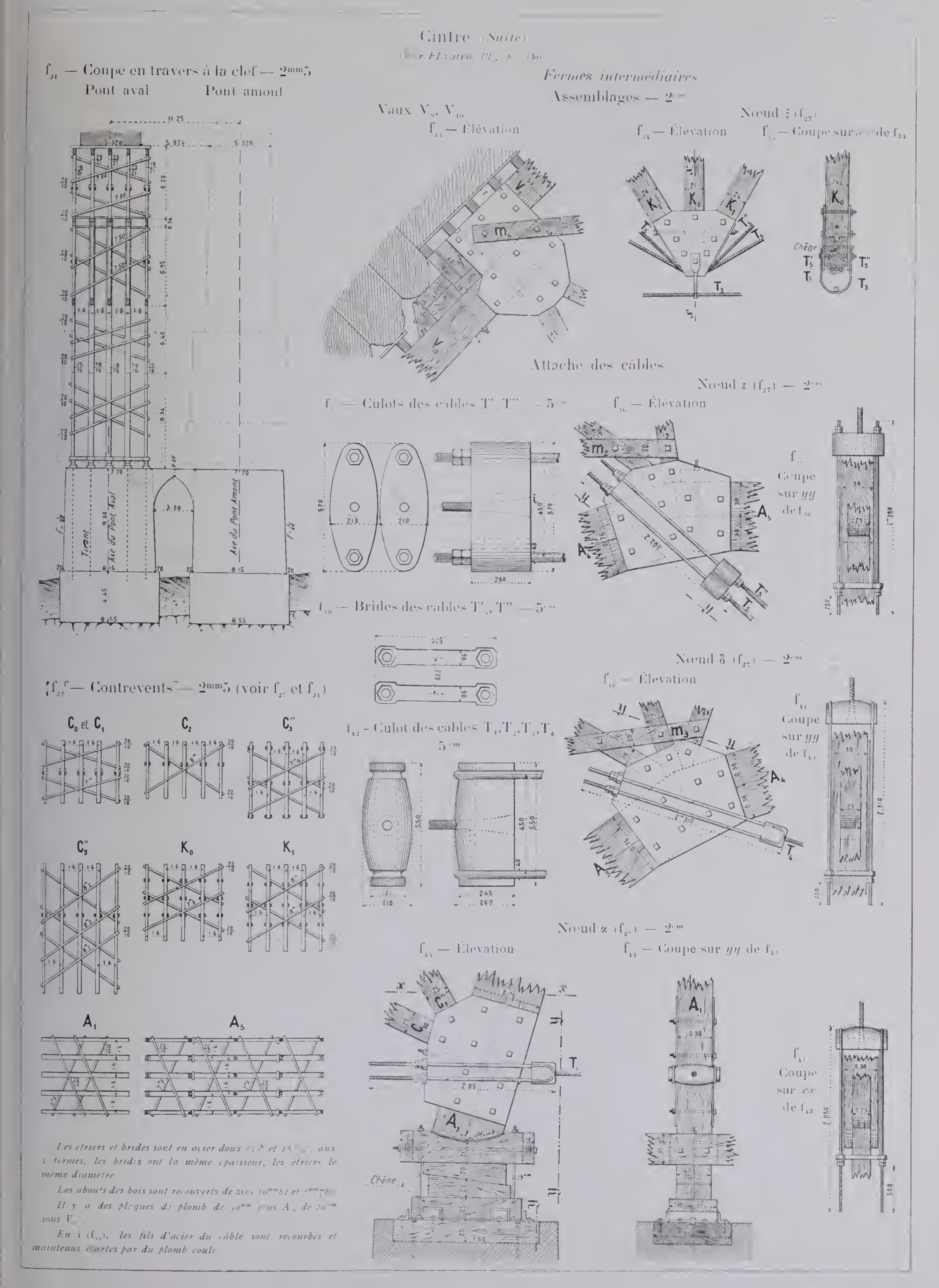
Les pièces V_{11} sous le dernier vau, portent sur des vérins qui servent à régler les fermes, puis à décintrer (Pl_4, f_{27}).

Aux assemblages, qui sont tous comprimés, il n'y a ni tenon, ni mortaise : ils tiennent seulement par les couvre-joints en tôle boulonnés sur eux.

B. - Contreventement. — Ce grand cintre était fort étroit : 80^m de portée, 6^m59 de large. On l'a contreventé à outrance par des croix de Saint-André, ni trop ouvertes, ni trop fermées ; par des écharpes, toutes boulonnées sans entaille (Pl_5, f_{31}, f_{32}) ;

17. — Suivant les indications de M. Arnodin (Voir Génie Civil, tome LV, n° 10, p. 194).


Cintre
f_{27} — 3mm
Couchis de 1/4 10 espacés de 0m38 d'axe en axe, d'une seule pièce
Demi-ferme intermédiaire
Demi-ferme de rive
Nœud α
Nœud β
Nœud γ
Nœud δ
Nœud ε
Nœud ζ
A1 A2 A3 A4 A5
T1 T2 T3
B
Tirants
72m00
84m65
Le centre est tout entier en sapin, sauf les sommiers et coins qui sont en chêne (Voir Pl.)
Les câbles T sont en fils d'acier tordus alternativement (90k par 0.001²)
Les plaques de tôle sur les assemblages ont 7mm pour les V, 10mm pour les A
Les boulons des A ont 25mm, tous les autres 20mm.
Fermes intermédiaires
Les 6 câbles du centre et les câbles martingales U sont composés de 61 fils d'acier de 3mm9 de diamètre, ils ont une section utile de 728mm²7 et un diamètre apparent de 35mm.
Fermes de rive
Les 6 câbles du centre sont composés de 37 fils d'acier de 3mm9 de diamètre ; ils ont une section utile de 442mm² et un diamètre apparent de 27mm5.
Contreventement en travers horizontal des arbalétriers A3, formé par les traverses B et les câbles martingales U
f_{28} – Coupe horizontale au niveau de B – 3mm
Traverse B
amarre en un point convenablement choisi de la rive
Attache des câbles U1U8 sur la traverse B
f_{29} — Élévation — 2cm
Attache des câbles U1U8 sur la traverse B
f_{30} — Plan — 2cm


Cintre (Suite)
Fermes intermédiaires
Assemblages — 2cm
Vaux V_9, V_{10}
f_{33} — Élévation
Nœud ξ (f_{27})
f_{34} — Élévation
f_{35} — Coupe sur xx de f_{34}
f_{31} — Coupe en travers à la clef — 2mm5
Pont aval
Pont amont
Axe du Pont Aval
Axe du Pont Amont
Tirant
Attache des câbles
Culots des câbles T', T''
Nœud ε (f_{27}) — 2cm
Élévation
Coupe sur yy
Brides des câbles T', T''
Culot des câbles T_1, T_2, T_3, T_4
5cm
Nœud δ (f_{27}) — 2cm
f_{32} — Contrevents — 2mm5 (voir f_{27} et f_{31})
C_0 et C_1
C_2
C_3''
C_9''
K_0
K_1
A_1
A_5
Nœud α (f_{27}) — 2cm
f_{43} — Élévation
f_{44} — Coupe sur yy de f_{43}
Coupe sur xx de f_{43}
Chêne
Les étriers et brides sont en acier doux ... aux 5 fermes, les brides ont la même épaisseur, les étriers le même diamètre
Les abouts des bois sont recouverts de zinc (0mm82 et 1mm...).
Il y a des plaques de plomb de 30mm sous A, de 20mm sous V.
En i (f_{39}), les fils d'acier du câble sont recourbés et maintenus écartés par du plomb coulé.

enfin, par deux grandes traverses B, amarrées aux rives par des câbles « martingales » U (Pl$_4$ – f$_{28}$, f$_{29}$, f$_{30}$).

C. - Travail. — Le cintre a été calculé[18] pour porter le poids du premier rouleau seul (un peu plus du 1/3 de la voûte).

On a limité le travail des culots en fonte à 2^k par $\overline{0^m001}^2$; celui des étriers et brides en acier doux, à 10^k.

Φ$_9$ — mai 1901.



D - Surhaussement. — En serrant les écrous des câbles, on relevait à volonté le sommet du cintre.

On le surhaussa de 135^{mm}.[19].

Avant le clavage du premier rouleau, il était bas de 10^{mm} : on le remonta de 17^{mm}.

18. — avec les formules données aux Annales des Ponts et Chaussées, oct. 1886, p. 503 et suivantes. « *Construction des Ponts du Castelet, de Laraur et Antoinette* », M. Séjourne.

19. — Aux ponts :

	Pour une portée retroussée de :	On a constaté un tassement du cintre de :	Soit par mètre de portée retroussée un tassement de :
du Castelet $\widehat{A}^1$ F^r ($\geq$ 40^m)^3 — Tome II.	28^m	53^{mm}	$1^{mm}9$
de l'Arconce (*Ligne de Paray-le-Monial*	25^m	41^{mm}	$1^{mm}6$
du Sornin *à Girors*)	35^m	85^{mm}	$2^{mm}4$

A Luxembourg on a compté, comme au Sornin, $2^{mm}4$ par mètre de portée retroussée, soit pour 56^m, 135^{mm}. Le cintre a tassé de 140^{mm} : on a rencontré à peu près juste.

E. - Quantités et Dépenses.

	Totales		par mq de douelle d'une des 2 voûtes *(610mq)*	
	Quantités	Dépenses	Quantités	Dépenses
Piles d'appui et massifs d'amarrage (maçonnerie ordinaire et béton)	887mc2	16.565 f 40	1mc454	27 f 15
Bois: Chêne (coins, sommiers) : 11mc343; Sapin 375mc196	386mc539	39.592 f 55	0mc634	64 f 90
Métaux: Câbles tendeurs......... 5 T 8; Câbles martingales...... 5 T 1; Culots.................. 9 T 3; Étriers, brides.......... 5 T 4; Plaques recouvrant les assemblages.......... 20 T 8; Boulons................ 9 T 8; Plomb sous A_1 (Pl$_4$, f$_{27}$)... 1 T 1; Zinc................... 0 T 6	57 T 9	44.980 f 80	95k	73 f 74
		101.138 f 75		165 f 79

F. - Temps par mètre cube de bois

	Cheval et Conducteur	Maître Charpentier	Charpentier	Manœuvre
Taille et transport à pied-d'œuvre (28 juin - 22 octobre 1900)..............	0h63	4h40	20h23	2h89
Montage (22 octobre 1900 - 1er mai 1901)................................	0h23	6h63	20h34	8h54
Ensemble............	0h86	11h03	40h57	11h43

16. Transport du cintre de la 1re voûte (aval) sous la 2me (amont) (f$_{18}$ à f$_{34}$). — Le Cahier des charges prescrivait :

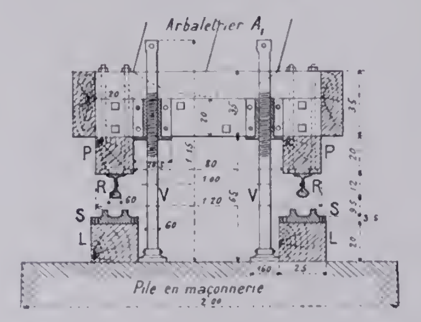
« *Le cintre retroussé de la grande voûte du premier pont..... sera, après « décintrement, transporté entier et sans démontage, à l'emplacement du deuxième « pont et remis à hauteur* ».

En vue de ce transport, on avait construit et armé les deux piles du cintre (Pl$_4$, f$_{27}$; Pl$_5$, f$_{31}$).

Voici comment l'opérèrent MM. Fougerolle :

A.- 1re Opération : Installation, sous le cintre, du dispositif de glissement (f$_{18}$, f$_{19}$).

f$_{18}$ — Pied de l'arbalétrier A_1 soulevé
Élévation — 2cm5

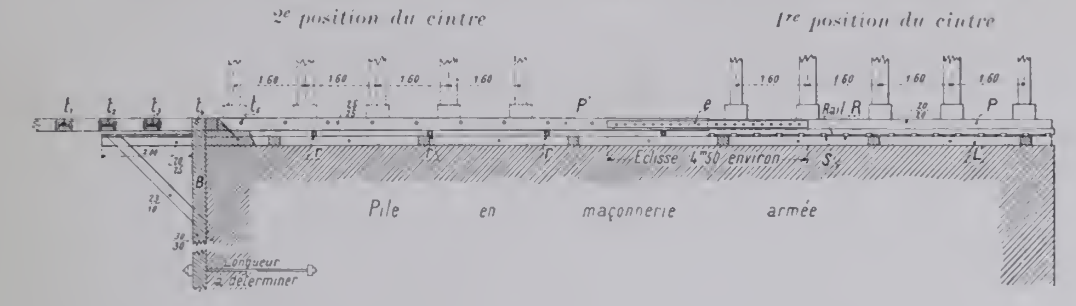


Au moyen de vérins à vis V (f$_{18}$), on a soulevé les pieds des arbalétriers A_1 ; on les a reliés par des pièces transversales P, portant, en dessous, des rails R.

Sur les 2 piles, on a fixé, au-dessous des poutres P, des longrines L portant, tous les 50cm, des coussinets S.

Puis, avec les vérins V, on a descendu le cintre et fait reposer les rails R dans les coussinets S.

f_{49} — Dispositif de glissement. — Coupe en travers sur l'axe d'une pile du cintre — 6mm



Jusqu'au delà de la 2e position du cintre, on a, en prolongement des poutres P (f_{49}), et réunies à celles-ci par des éclisses *e*, posé, sur des rouleaux en bois *r*, des poutres P', percées, tous les 98cm, de trous *t*.

B. - 2e Opération : Transport du cintre (f_{50} à f_{53}). — Par les 3 premiers trous t_1, t_2, t_3 (f_{50}, f_{51}), on a passé des tiges d'acier traversant, entre les poutres P', des entretoises E_1, E_2, E_3, (2 pièces de bois rectangulaires armées de plats et de ⊔).

On a placé :

entre E_1 et E_2, entre E_2 et E_3, des cales C_1, C_2 ;

entre E_3 et le bâti B fixé à la pile, un vérin hydraulique V' de 70 tonnes.

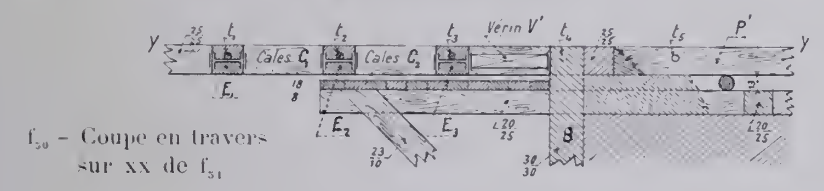
Avec le vérin, on a chassé tout l'ensemble et amené le trou t_4 (f_{50}, f_{51}) en t'_4 (f_{52}).

On a alors enlevé le vérin, reporté l'entretoise E_1 en t'_4 (position E'_1 - f_{53}), les cales C_1 entre E_3 et E'_1 et le vérin V' entre t'_4 et le bâti B.

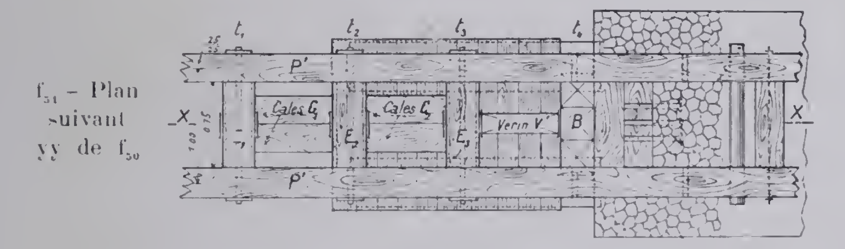
Chaque manœuvre déplaçait le cintre de l'intervalle de 2 trous *t*, soit de 98cm.

Disposition du vérin V' — 1cm5

1° - Avant la 1re manœuvre



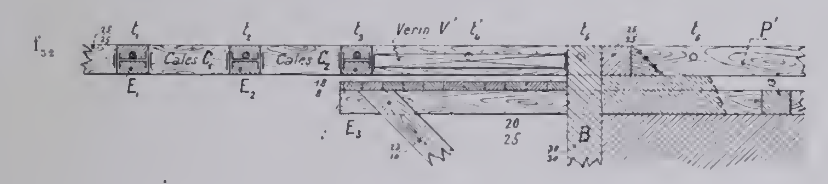
f_{50} - Coupe en travers sur xx de f_{51}



f_{51} - Plan suivant yy de f_{50}

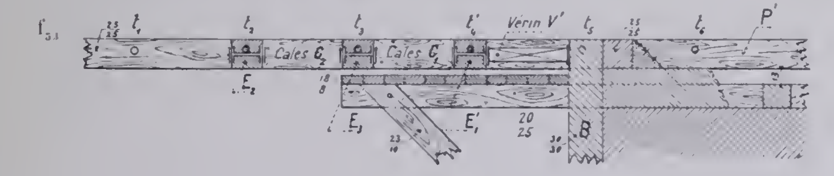
2° - A la fin de la 1re manœuvre — Coupe en travers sur xx de f_{51}

f_{52}



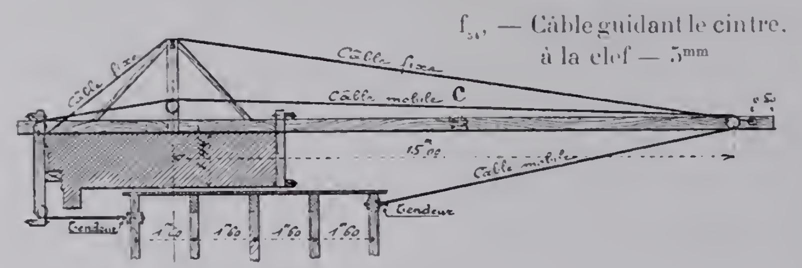
3° - Avant la 2e manœuvre — Coupe en travers sur xx de f_{51}

f_{53}



C. - Comment on a guidé le cintre pendant son transport. — On maintint les fermes pendant le déplacement[20] par 3 câbles, à la clef C (f_{34}), à 23m40 de chaque côté de la clef.

Ils étaient fixés à leurs abouts aux fermes de rive et passaient sur des poulies amarrées à la voûte.



f_{34}, — Câble guidant le cintre, à la clef — 5mm

Le déplacement du cintre, pesant 300 tonnes, a duré 24 heures pour 11m25, soit un avancement moyen de 0m50 par heure.

Il a été opéré par 8 hommes.

On n'a pas eu à refaire une seule pièce du cintre, qui a servi tel quel pour la seconde voûte.

17. Exécution des grandes voûtes. — *A. - Rouleaux et tronçons.* On a très exactement suivi les instructions autrefois écrites pour les ponts de

Φ_6 — 1re Voûte (Voûte aval) — Culée Ville, aval — 1er rouleau — 3 juin 1901.



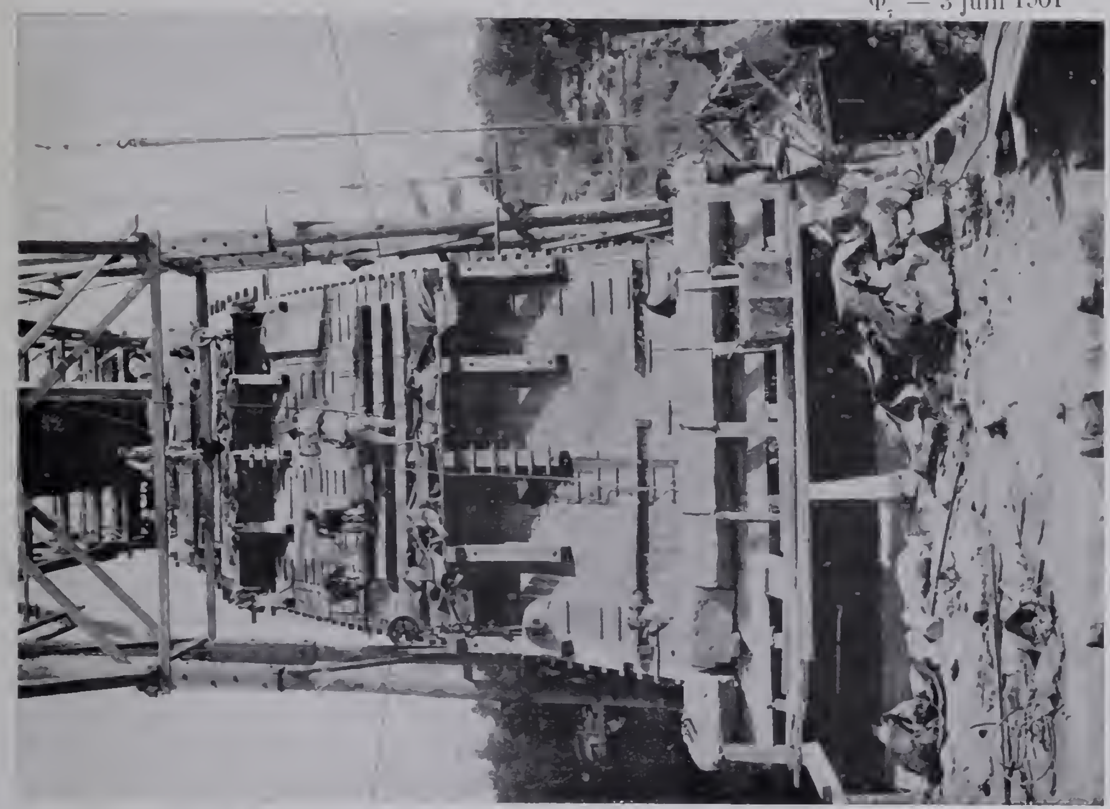
Lavaur et Antoinette[21] : chaque voûte en trois rouleaux ; chaque rouleau en plusieurs tronçons attaqués en même temps ; clavages matés au refus avec mortier de ciment à l'état de sable humide.

20. — Suivant le conseil de M. Arnodin.

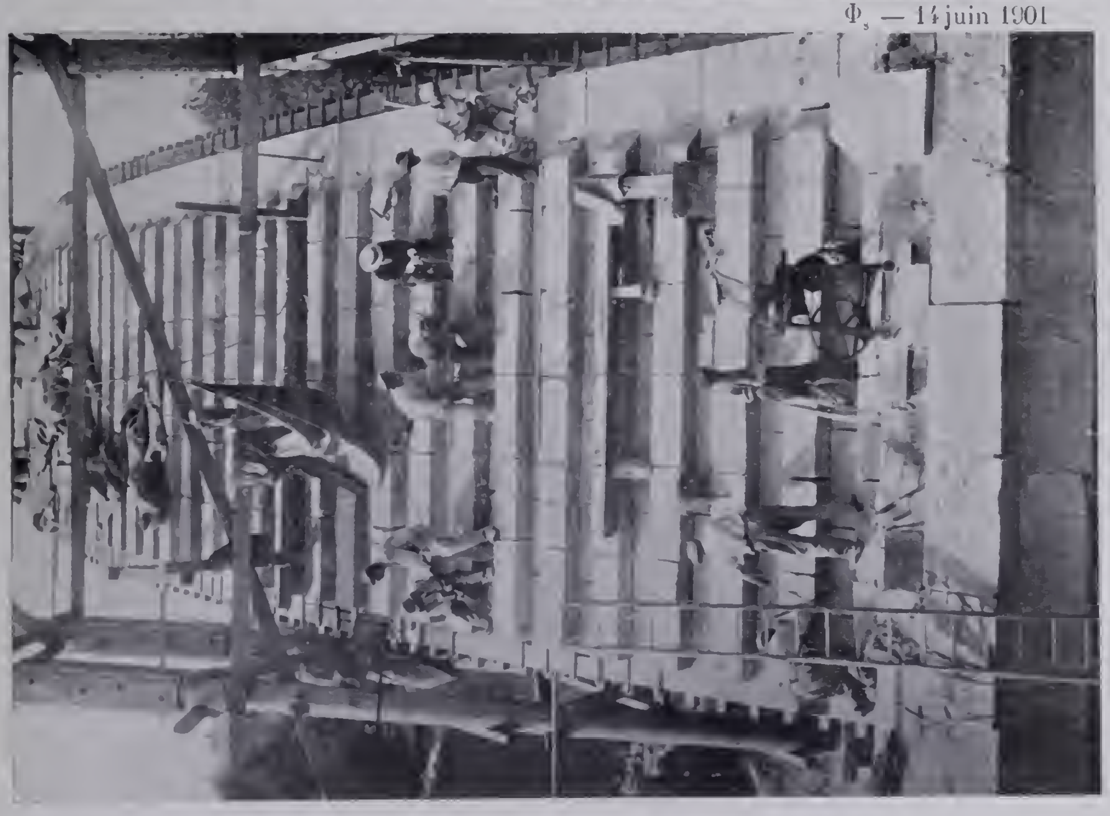
21. — $\widehat{A}^1$ Fr (> 40m)⁴ et $\widehat{A}^1$ Fr (> 40m)⁵ — Tome II

1re Voûte (Voûte aval) — 1er rouleau

Φ_7 — 3 juin 1901



Φ_8 — 14 juin 1901



On a construit chaque rouleau en 8 à 10 jours, chaque voûte en un mois et demi.

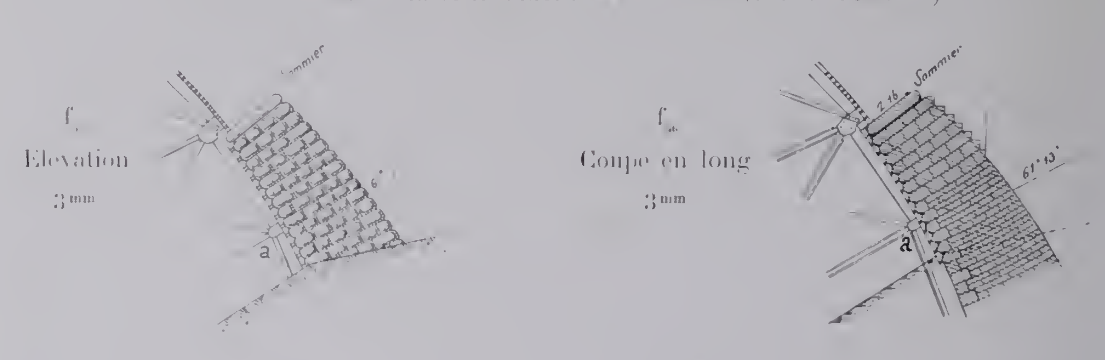
Le travail des câbles du cintre a été faible sous le deuxième rouleau, nul sous le troisième.

B. - Accident à la 2e voûte (voûte amont) (5 mai 1902[1]. — A la première voûte, on avait commencé le premier rouleau et ménagé un joint sec à l'angle de 61° 13', à $5^{m}20$ au-dessous du sommier (Φ[illegible]).

On eut quelque difficulté à engager les libages du queutage dans les dents du 1er rouleau.

Peut-être par suite d'un ordre mal compris, on laissa monter la 2e voûte à pleine épaisseur jusqu'au niveau du sommier (f[illegible], f[illegible]).

Culée rive droite de la voûte amont — 5 mai 1902 (avant l'accident)



Le soir du 5 mai 1902, toute la partie en porte-à-faux pivota autour du point *a* (f[illegible], f[illegible]), et tomba sur le cintre qui, fort heureusement, tint bon, bien que n'étant point fait pour résister à un choc de côté. Une fissure de quelques centimètres était ouverte à l'extrados, comme l'indiquent les photographies Φ_9 et Φ_{10}.

On crut d'abord que la seule cause de ce désagréable accident était le porte-à-faux de la culée sur le cintre, qui avait fléchi : il y en eut probablement une autre.

Les libages ont, en douelle, de très grands bossages, fort inégaux. On avait, sous les moins longs, placé des fourrures : en réalité, l'ensemble s'appuyait peut-être fort peu sur le cintre, qui, alors, soutenait mal le porte-à-faux.

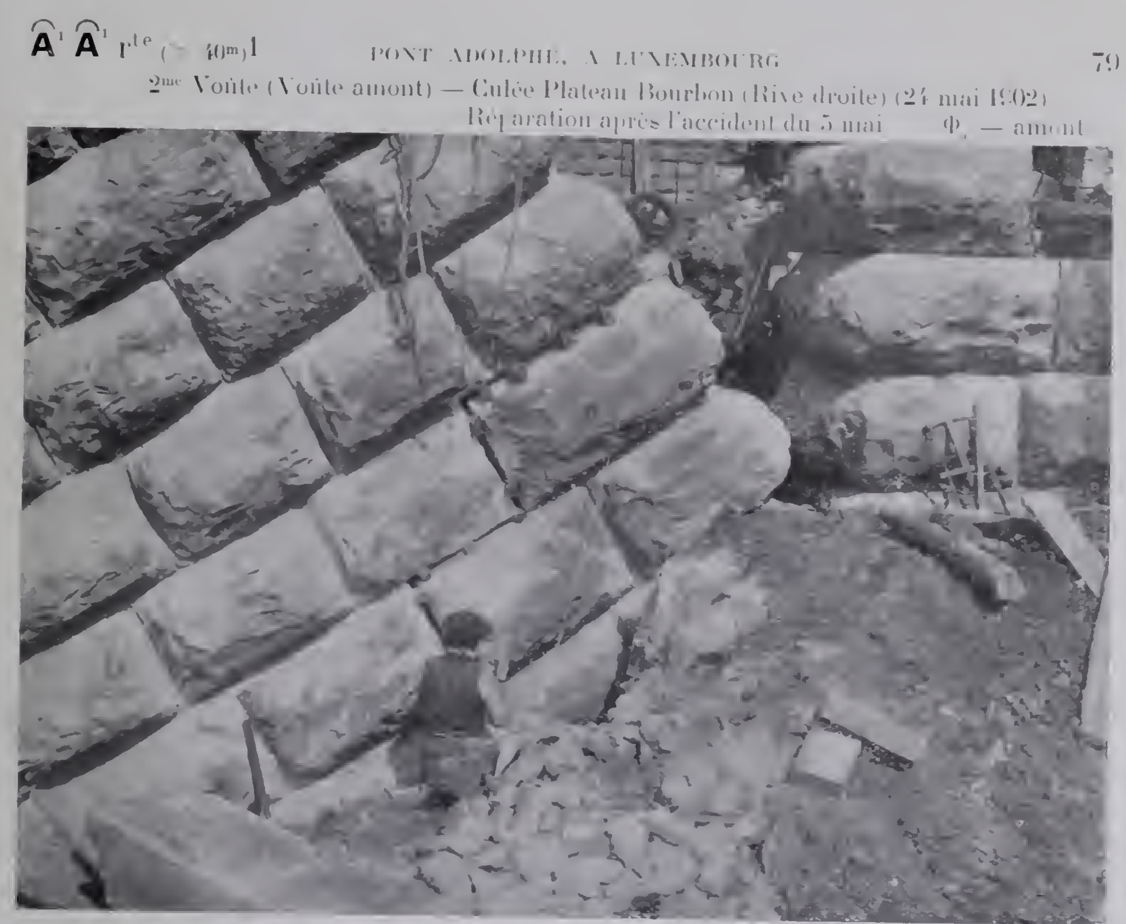
On démolit, à partir de l'extrados, la maçonnerie de moellons équarris sur toute la profondeur des fissures. Aux têtes, on laissa en place les libages ; puis on remplit le queutage en moellons équarris à mortier de ciment, en matant vigoureusement les joints supérieurs sous les anciens libages, restés suspendus par l'adhérence du ciment. On mata ensuite les libages des bandeaux.

La réparation coûta environ 5.000 f.

Elle fut bien faite. La seconde voûte, au décintrement, tassa un peu moins que la première, 5^{mm} au lieu de 6^{mm}.

2me Voûte (Voûte amont) — Culée Plateau Bourbon (Rive droite) (24 mai 1902)

Réparation après l'accident du 5 mai   Φ — amont



Φ — aval



C. - Bandes de plomb dans les joints. — On avait placé des bandes de plomb, comme à Lavaur,[22] mais, à tort, à trop de voussoirs.

Au cerveau, on les enleva facilement ; aux reins, on les fit fondre au chalumeau à gaz oxhydrique, après s'être assuré que le grès n'en souffrait pas.

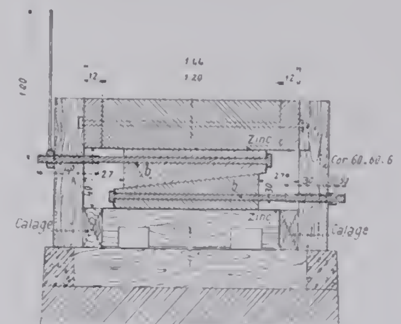
18. Décintrement. — Au moment du décintrement, les voûtes d'évidement de 5m40 étaient achevées, mais clavées seulement avec des coins de bois.

On abaissa d'abord les vérins sous les derniers vaux V_{11} (Pl_4, f_{27}) ; puis le cerveau, simplement en desserrant les écrous des câbles supérieurs ; enfin, les grands coins sous le chevalement.

Au premier décintrement, il fut impossible de faire descendre ces coins, en contact depuis longtemps, et, de plus, gonflés par la pluie des jours précédents ; on dut percer à la mèche des files de trous transversaux pour les faire s'écraser.

Au deuxième décintrement, on y avait foré et tubé des trous ; on y passa, au moment du décintrement, des boulons *b* (f_{57}).

f_{57} — Coins pour le décintrement de la 2me voûte (amont) — 2cm



Entre les faces en contact, on avait placé une feuille de zinc.

Il fut encore fort difficile de mettre les coins en mouvement : il fallut les chasser à coups de masse, au risque de descentes brusques.

J'ai regretté de n'avoir pas mis là de grandes auges à sable.

Ce deuxième décintrement, commencé le 13 septembre 1902,[23] n'a été terminé que le lendemain à 2 heures.

On avait disposé sur la voûte :

89 appareils Manet-Rabut, à tiges de 1m et 0m50, à amplification de 400, aux bandeaux et sur l'axe, à l'intrados et à l'extrados ;

6 appareils Lannusse,[24] à tiges de 2m, à l'extrados des voûtes d'élégissement de 5m40 ;

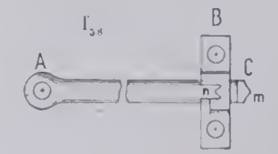
14 enregistreurs Rabut, les uns à amplification de 10, pour mesurer les flèches à la clef, aux reins, aux naissances ; les autres à amplification de 20, pour mesurer les déplacements horizontaux des sommiers des culées.

10 théodolites, en différents points, suivaient, sur des mires, à grande distance, les déformations amplifiées.

22 — $\widehat{\mathbf{A}}^1$ Fr (> 40m)4 — Tome II.

23. — La voûte de 21m60 avait été décintrée la veille.

f_{58}



24. — L'appareil imaginé par M. Lannusse, aujourd'hui Ingénieur des Ponts et Chaussées à Toulouse, pour mesurer des allongements ou raccourcissements, se compose d'une tige d'acier A C à section demi-circulaire, fixée en A à la pièce à étudier et passant en B sous une gâche fixée à cette pièce. On mesure au Palmer la variation d'écartement du bec *m* de la tige AC et du bec *n* de la gâche B.

Toutes ces observations ont été revues, collationnées, et contrôlées par M. l'Ingénieur Cart, de la Compagnie d'Orléans, qui avait bien voulu assister au décintrement et vérifier les appareils.

Mais elles avaient duré trop longtemps, et on n'en put tirer que ceci :

La clef a tassé de 5^{mm} (6^{mm} à la première voûte). — Les culées n'ont pas reculé. — Le travail au décintrement ne paraît pas avoir dépassé 10^k. — Pas de fissures ou d'écrasement appréciables à la loupe.

19. Dépenses.

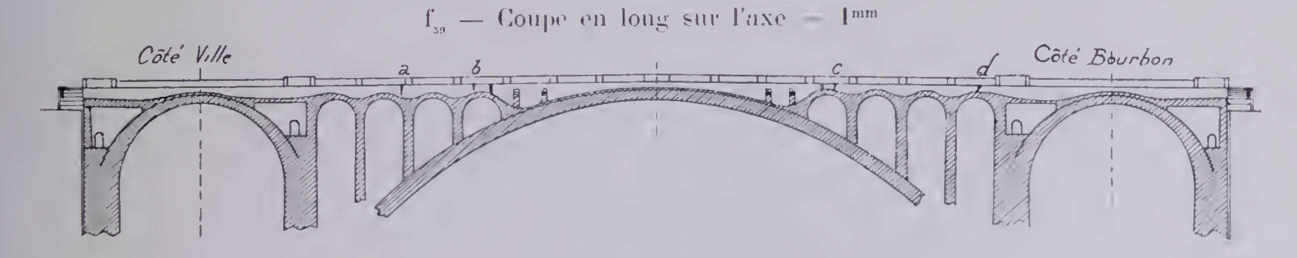
Fouilles et fondations		214.456f00
Grandes voûtes au-dessus du terrain naturel :		
Cintre	101.138f75	
Au-dessous des sommiers	127.225f17	
Au-dessus des sommiers	263.157f79	
		491.521f71
Voûtes d'élégissement et leurs tympans. Pilastres. Voûtes de 21^m60. Murs des culées		534.293f49
Corniches, balustrades, parapets		104.040f10
Dalle en béton armé :		
Béton .... $357^{mc}817$	17.890f85	
Fer [25] .... 86.612^k	30.314f20	
		48.205f05
Installations à forfait (Pont de service, transport du cintre....)		50.000f00
Chaussée, pavage, bordures de trottoir, chapes, enduits, calfatage, remplissage en pierres sèches, divers		105.939f30
	Total...	1.548.455f65

20. Mouvements dûs aux changements de température. —

Du 13 décembre, après 8 jours à — 6° en moyenne, au 10 janvier, après 3 semaines à + 6° en moyenne, soit pour une élévation de température moyenne de 12°, des fissures qui s'étaient produites dans les tympans aux points :

	a	*b*	*c*	*d*	(f_{39})
ont diminué de	$1^{mm}6$	$0^{mm}7$	$0^{mm}67$	$3^{mm}49$	

f_{39} — Coupe en long sur l'axe — 1^{mm}



25. — Pourcentage du fer, en volume : 3,1 %.

21. Dates.

Commencement des travaux		automne 1899
Pose de la première pierre, à la culée rive gauche du pont aval, par le Grand-Duc Adolphe de Luxembourg, (gracieusement fixée le jour de la Fête nationale française)		14 juillet 1900
1re voûte (aval)	Commencement	1ers jours de juin 1901
	Dernier clavage	24 juillet 1901
	Décintrement	26 octobre 1901
Transport du cintre		fin janvier 1902
2e voûte (amont)	Commencement	1ers jours de mai 1902
	Dernier clavage	13 juin 1902
	Décintrement	13 et 14 septembre 1902
Ouverture à la circulation		24 juillet 1903
Inauguration officielle		19 avril 1904

22. Personnel.

Gouvernement du Grand Duché :

M. Paul Eyschen, Ministre d'État, Président du Gouvernement.

M. Charles Rischard, Directeur Général des Travaux publics.

Ingénieurs :

Projet :

M. Séjourné, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Exécution :

Direction des Travaux : M. Séjourné.

Surveillance locale : M. Fonck, Ingénieur.

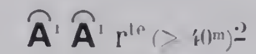
Entrepreneurs :

Pont : MM. Fougerolle.

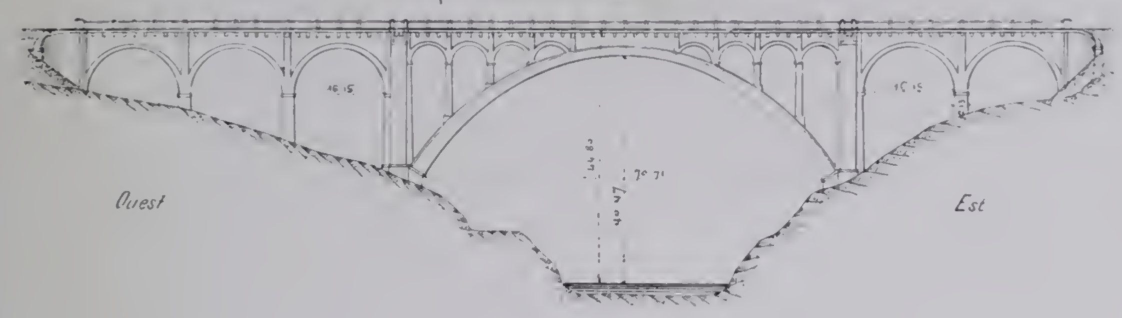
Dalle en béton armé : M. Ed. Coignet.

PONT DE WALNUT LANE, DANS FAIRMOUNT PARK,
SUR LE WISSAHICKON CREEK, A PHILADELPHIE[1] *(ÉTATS-UNIS)*

1906-1908

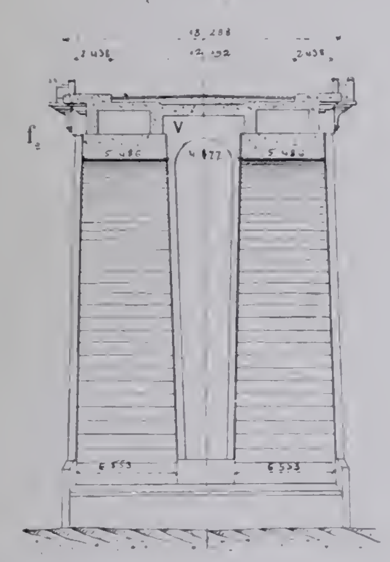


f_1 — Ensemble — $0^{mm}75$



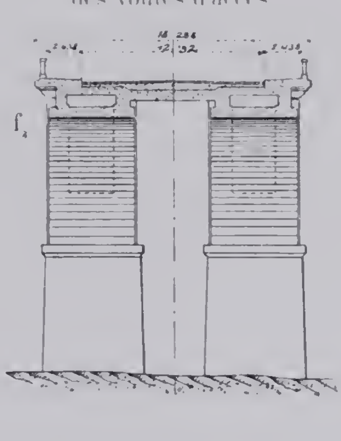
Coupes en travers — 2^{mm}
à la clef

des grandes voûtes



f_2

des voûtes d'accès



f_4

I. Dispositions d'ensemble. — C'est, en béton et béton armé, le pont de Luxembourg[2, 3].

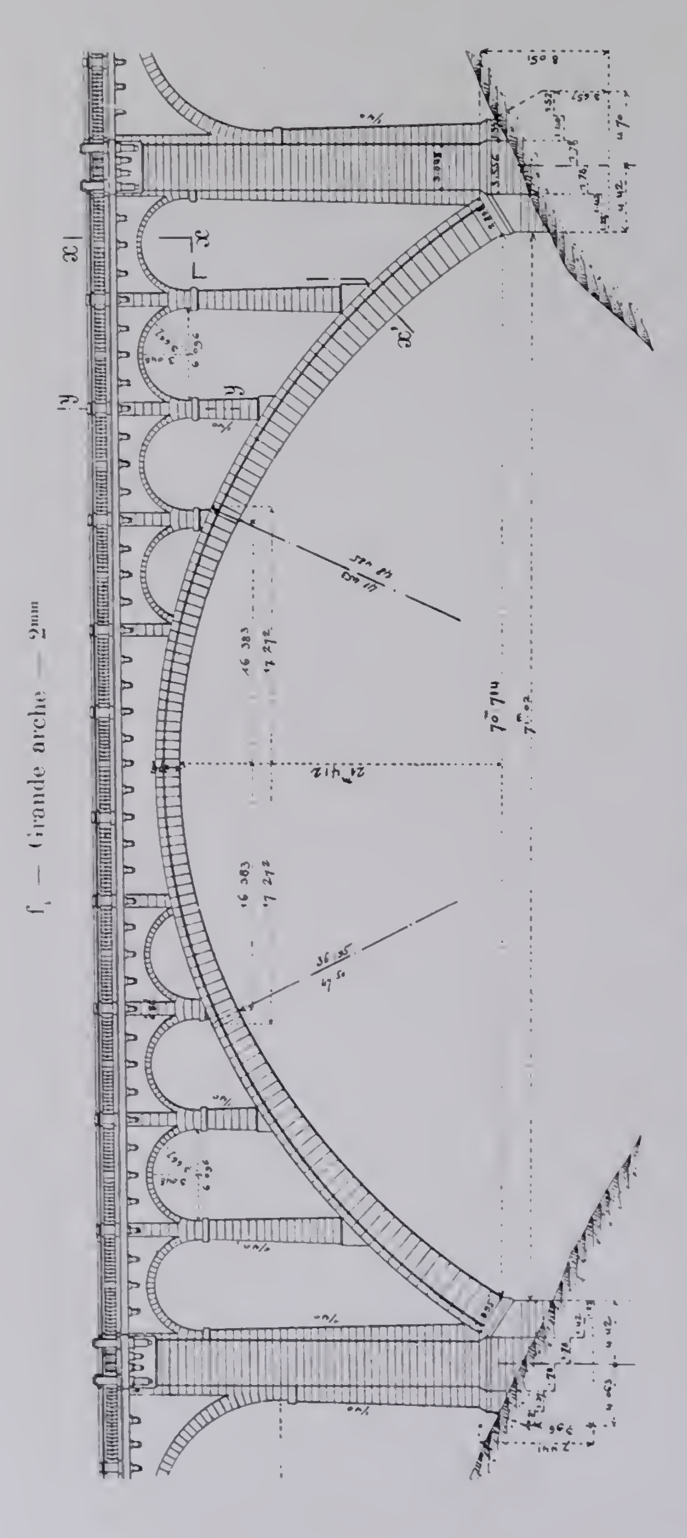
Les grandes voûtes[4], les voûtes d'évidement, les tympans, sont en béton ; les piles sur les grandes voûtes, le tablier sous chaussée, en béton armé (S'_1).

1. — Entre les quartiers de Germantown et Roxborough.

2. — $\widehat{A}^1$ $\widehat{A}^1$ r^{le} ($\geqslant 40^m$)1.

3. — « *The type of structure selected is that of the stone arch bridge in Luxemburg* » (S_4, p. 426).

4. — On ne les a pas articulées : parce que les rotules sont inutiles dans les voûtes peu surbaissées, où les efforts dûs aux variations de température sont très faibles ; parce que le prix des rotules aurait été supérieur à l'économie de béton qu'elles auraient réalisée ; parce que les voûtes articulées, renflées aux reins, sont d'aspect peu satisfaisant (S_4).



f₁ — Grande arche — 2mm

2. Grandes voûtes.

Intrados. — C'est une anse de panier à 3 centres, intérieure à l'arc de cercle de même sommet et mêmes naissances (S'₁).

La fibre moyenne est à peu près la courbe de pression pour la charge morte (S₄).

On suppose que les courbes de pression resteront confinées dans le tiers central (S''₂).

3. Matériaux.

— Les grandes voûtes sont en béton et gros moellons méplats, disposés suivant le rayon, quelques-uns débordant à l'extrados sous les murs transversaux U (f₁) (S'₄).

Ces moellons occupent 20 à 25 % du volume des grandes voûtes [5].

5. — Dans toutes les autres parties de l'ouvrage, même celles qui sont armées, on a noyé dans le béton des moellons aussi gros que possible, tout en restant maniables, en quantité variable avec la qualité du sable et de la pierre cassée, la consistance du béton, la facilité de mise en place et l'adresse des ouvriers.

Dans les piles et murs verticaux, il y en a 30 à 40 %.

L'emploi des moellons est économique, et augmente la résistance à la compression et au cisaillement (S₄).

4. Tympans élégis. — Les grandes voûtes portent chacune deux murs longitudinaux T_1, T_2 (f_5), percés d'arcades, et reliés par des murs transversaux U (f_5) en béton, armé de barres horizontales carrées de 25mm.

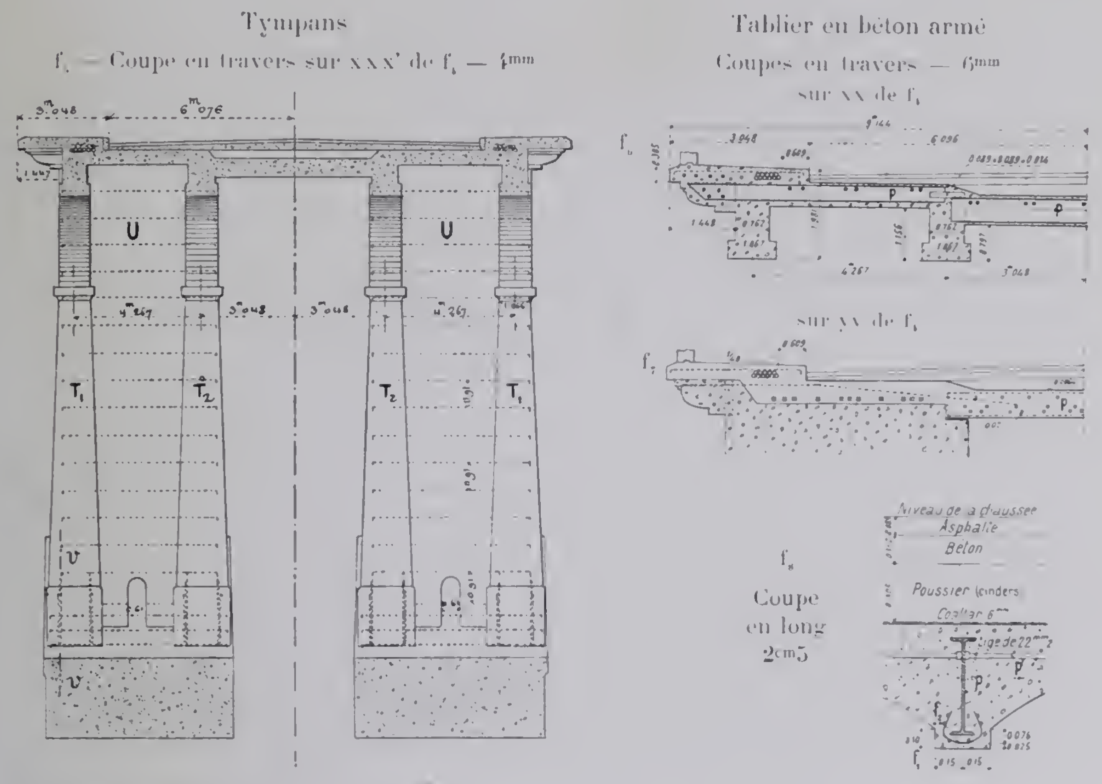
Tympans

f_5 — Coupe en travers sur xxx' de f_4 — 4mm

Tablier en béton armé

Coupes en travers — 6mm

sur xx de f_4 (f_6) — sur yy de f_4 (f_7)



f_8 Coupe en long 2cm5

Appui des plus hautes piles sur les grandes voûtes

Coupe en long sur yy de f_4



Les piles voisines des retombées sont accrochées aux grandes voûtes par 6 barres carrées b_1 de 25mm de côté, 3m04 de long, coudées à angle droit (f_9) (S_3).

Sous toutes les piles, sont disposées, dans la grande voûte, vers l'extrados, 3 barres carrées b_2 de 25mm (f_9) (S'_1).

5. Tablier en béton armé sous chaussée. — Sur les murs transversaux U et les 4 murs longitudinaux T_1, T_2, repose une dalle en béton ainsi armé :

en travers (f_6, f_7), par des poutrelles d'acier p en I, qui ont 38cm1 de hauteur au-dessus des deux ponts, et 50cm8 au-dessus du vide qui les sépare (S''_2) ;

en long, par des barres rondes p' (f_8), qui traversent les âmes des poutres p, et y sont fixées par des écrous (S'_1).

Au-dessus des murs transversaux, les poutrelles p sont remplacées par deux barres carrées de 25mm (f_7) (S'_1).

Le bas des poutrelles est entouré de fils transversaux f_1 de 4mm8, espacés de 7cm6, et de 4 fils longitudinaux f_2 de 3mm2 (f_8) (S_4).

Les parapets sont en béton armé. Les balustres étaient moulés sur la berge (S_3).

Les trottoirs sont en encorbellement de 0m84 sur consoles ancrées dans les tympans (S_3).

Les bordures de trottoir sont en acier (S_1).

Le tablier est recouvert de 3 à 6mm de coaltar[6] (S_1).

Φ_1 (S''_1)



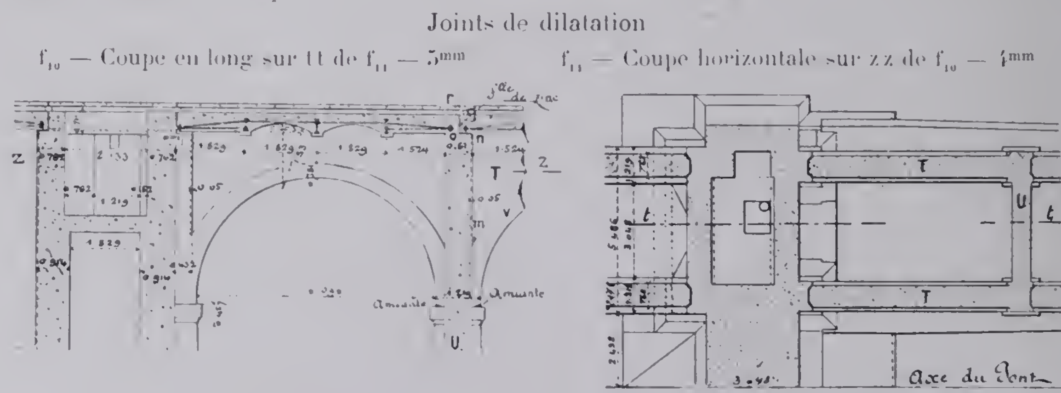
6. Joints de dilatation (f_{10}, f_{11}).

— A leur rencontre avec les murs transversaux U et d'un côté seulement, les murs de tympans T sont coupés par un joint sec vertical *mn* à rainure et languette, de 5cm d'épaisseur, fourré d'une feuille d'amiante de 3mm2 (S_2).

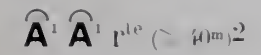
Joints de dilatation

f_{10} — Coupe en long sur tt de f_{11} — 5mm

f_{11} — Coupe horizontale sur zz de f_{10} — 4mm



6. — L'eau suinte aux têtes en quelques points (S_4).



Il est continué dans le tablier :

1° – par une glissière horizontale *no* (f_{10}), garnie d'une feuille de zinc de $1^{mm}6$ (S_1) ;

2° – par un joint vertical *or* de 12^{mm}, qui monte jusqu'à la chaussée, et qui est rempli de mastic d'asphalte (S_2).

Les joints de naissance des voûtes d'élégissement sont vides, et portent, à l'intrados, sur une feuille d'amiante de 1^m067 de long, 0^m254 de large et $1^{mm}6$ d'épaisseur (S_4).

En *q* (f_1), entre le béton du tablier et le coaltar de la chape, est une plaque de zinc de $3^{mm}2$ d'épaisseur et $15^{cm}2$ de largeur (S'_4).

A tous les dés du parapet, d'un seul côté, on a coupé le bahut par un joint rempli d'asbeste. Cette disposition s'est montrée efficace (S'_2).

7. Voûtes transversales entre les pilastres. — Entre les larges pilastres creux en béton, qui encadrent les grandes voûtes, est jetée une voûte en béton V (f_2), armée de deux cours croisés de 6 tiges carrées de 25^{mm}.

8. Bétons

A. – Composition.

1^{v} de ciment Portland de Whiteball et	Gros sable	Pierre cassée – Proportion	Pierre cassée – Dimensions
Voûtes	2^v	5^v	6 à 19^{mm} (S'_2)
Autres parties de l'ouvrage (y compris fondations)	3^v	6^v (S'_2)	19 à 37^{mm} (S_3)

Voici les résistances exigées pour le ciment, en ^{kg} $\overline{0^m01}^2$:

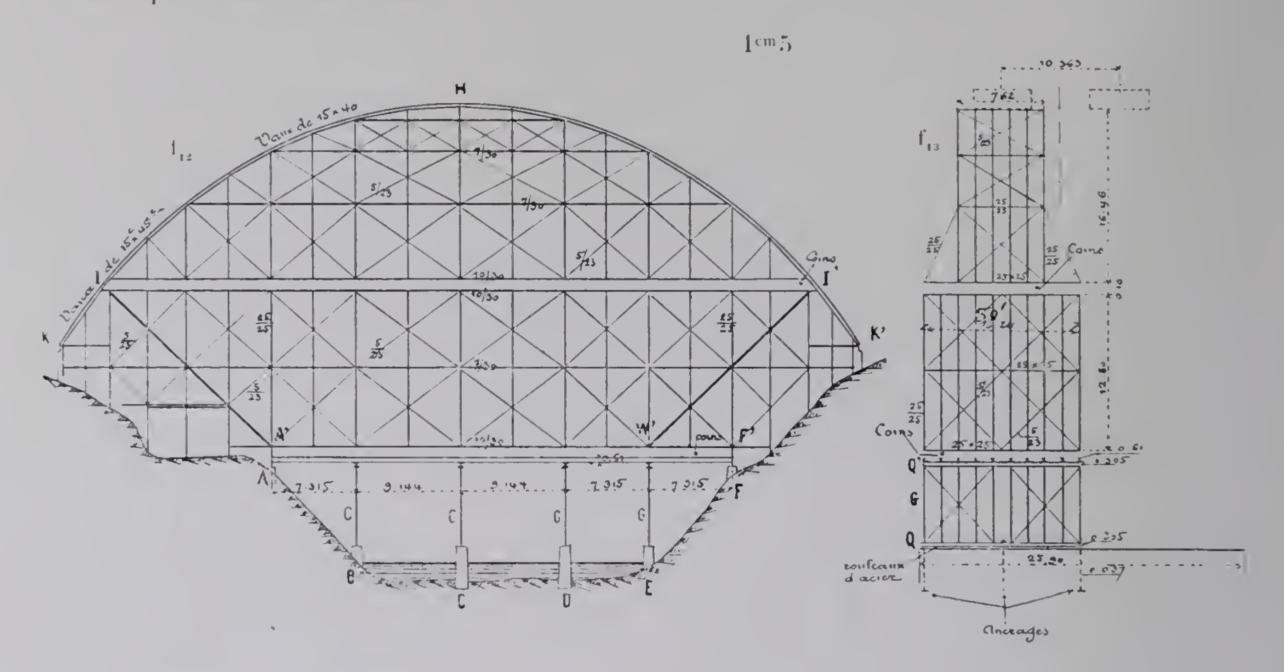
	à 7 jours, 1 à l'air 6 sous l'eau	à 28 jours, 1 à l'air 27 sous l'eau
Pâte pure	35^k	42^k
A 1/3 de sable normal	11^k9	16^k8

La prise devait commencer après 20 minutes, et être complète après 1 heure et avant 10 heures.

B. – Essais. — Voici le résultat des essais faits, au Laboratoire de la Ville, sur des cubes de 0^m15 et 0^m30 de béton prélevé à la bétonnière, avec ou sans pierres plates ajoutées :

Composition		Cubes de : 15cm						Cubes de : 30cm					
	Age en mois	1^M	2	3	4	6	12	1	2	3	4	6	12
sans pierres ajoutées	$1^v - 2^v - 5^v$ ...	193^k	255^k	270^k	264^k	313^k	247^k	144^k	»	186^k	192^k	184^k	207^k
	$1^v - 3^v - 6^v$ ...	136	136	202	221	256	235	122	185	144	160	189	»
avec pierres ajoutées	$1^v - 2^v - 5^v$ ...	156	267	300	»	295	331	190	245	232	251	266	293
	$1^v - 3^v - 6^v$ ...	125	200	»	»	»	»	154	178	187	193	220	»

9. Cintre des grandes voûtes (f_{12}, f_{13}) (S'_2, S_1). — Le même cintre a servi pour les deux voûtes.



Distinguons 4 étages :

A. - Piles en béton A, B, C, D, E, F (f_{12}). — Le cintre porte sur 6 piliers en béton (f_{12}), 4 en rivière, fondés dans des batardeaux, 2 sur berges, ayant tous, sauf F, 25^m90 de longueur, 0^m61 de largeur au sommet et un fruit de 1/12.

B. - Palées en acier G (f_{12}, f_{13}). — Chaque pile en rivière porte une palée transversale en acier G, longue de 15^m24, haute de 6^m10, faite de 10 poutres verticales en **I** de 0^m30, reliées en bas et en haut par deux poutres horizontales à treillis Q et Q', de 0^m30, et contreventées par deux croix de Saint-André, faites de deux cornières de $15^{cm} \times 9^{cm}$ (S_3, S'_2).

La poutre à treillis inférieure Q repose sur des rouleaux d'acier parallèles aux têtes, de $45^{cm}7$ de long, 15^{cm} de diamètre, pris entre deux plaques de fonte de $48^{cm}3$ de largeur et 19^{mm} d'épaisseur, rouleaux sur lesquels s'effectuera plus tard la translation du cintre (S'_2).

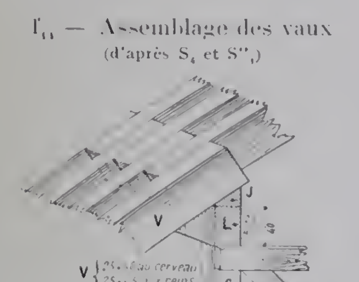
Pendant la construction d'une voûte, les palées transversales G étaient boulonnées sur les piles, et les rouleaux immobilisés (S'_2).

Sur les semelles supérieures des poutres Q', et sur les piles extrêmes A et F, reposent 10 poutres longitudinales en **I**, A' F', de 0^m61 de hauteur (S_3). En W', A' F' est boulonné, non rivé (S_3).

C. - Étage inférieur des fermes en bois A' F' I' I (f_{12}). — Sur les poutres A' F', sont disposés des coins portant les 10 fermes en pin jaune de l'étage A' F' I' I.

D. - Étage supérieur des fermes en bois I H I' (f_{12}, f_{13}). — Enfin, l'étage supérieur des fermes en bois I H I' a 6 fermes reposant suivant I I' sur des coins.

f_{11} — Assemblage des vaux (d'après S_4 et S''_4)



Les sommets S des poteaux verticaux (f_{11}) sont réunis par des poutres horizontales L surmontées de pièces en biseau J, lesquelles portent 25 vaux V dont les abouts se recouvrent et sont assemblés par des chevilles de chêne de $7^{cm}6$. Au démontage du cintre, on constata que beaucoup de chevilles étaient « pliées en zigzag » (S_4).

Sur les vaux, sont clouées des voliges horizontales rabotées, à rainures et languettes, de 38^{mm} d'épaisseur, 8^m53 de longueur.

Un tuyau de 38^{mm} amenait de l'eau en cas d'incendie (S'_2).

10. Fondations.

— On descendit de 1^m50 à 6^m10 sous le terrain naturel jusqu'au rocher qu'on tailla en gradins aux culées des grandes arches. Les fondations forment un bloc unique sur toute la largeur du pont (S''_2).

Des pierres [7] étaient enfoncées dans le béton mou (S_3), normalement à la pression, c'est-à-dire horizontalement dans les fondations des viaducs d'accès, dans le sens du rayon dans les culées des grandes arches, avec, entre elles, des lits de béton d'au moins 5^{cm}. Celles qu'on posait à la fin de la journée n'y étaient enfoncées que de la moitié de leur épaisseur, afin de lier les couches de béton posées à une nuit d'intervalle (S''_4).

A leur partie inférieure, les culées sont armées par des tiges carrées de $2^{cm}5$ d'arête, normales aux têtes, et toutes dans un même plan perpendiculaire à la fibre moyenne (S'_1).

11. Construction des grandes voûtes.

— Il était prescrit de ne commencer les grandes voûtes que 30 jours après l'achèvement des culées (S''_2).

Chacune des deux voûtes a été construite en 22 tranches de 57^{mc} environ, bétonnées symétriquement par rapport à la clef, dans l'ordre indiqué au croquis f_{14}, entre des cloisons en bois de 5^{cm}, à rainures et languettes, normales à l'intrados (S'_1).

Le béton était fait à la machine (S''_4).

Les matériaux étaient transportés par un câble de 244^m (S''_4).

A. - Exécution des tranches. — Chaque paire de tranches symétriques était faite, en général [8], en une journée (8^h à 14^h) par deux équipes de 10 hommes.

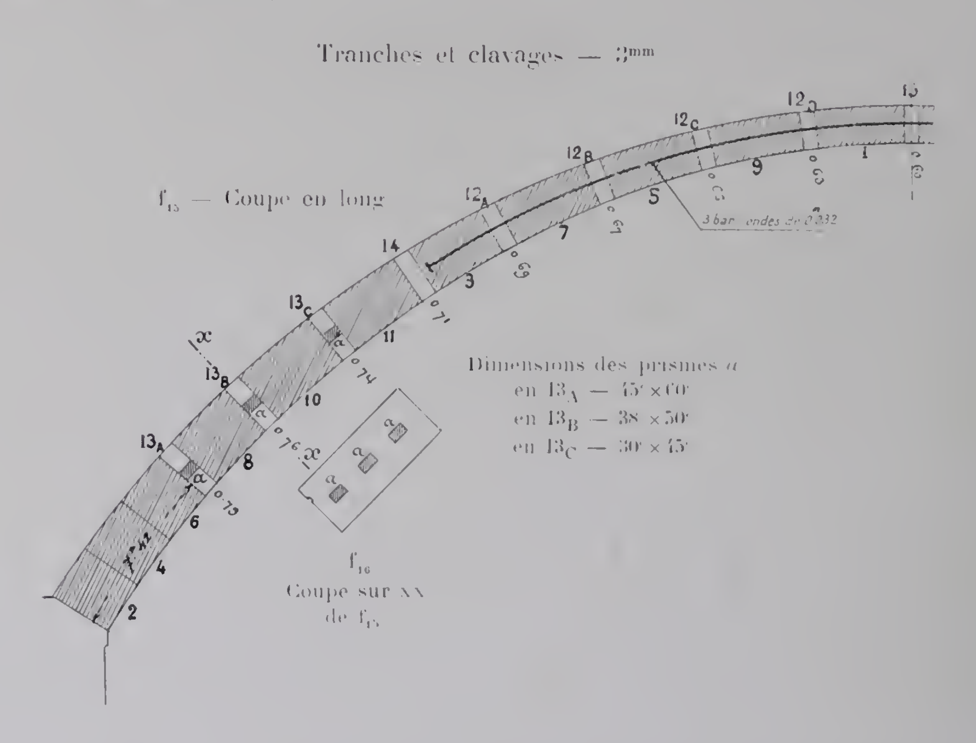
7. On a regretté d'avoir employé de grosses pierres.

D'après le Cahier des charges, chaque moellon devait être enfoncé sur la moitié de son épaisseur dans le béton. On a constaté que, pour un même volume à remplir, on aurait pu placer un plus grand cube de petits moellons que de gros, ce qui eût coûté moins cher.

De plus, on était gêné par la grue nécessaire au bardage des gros blocs (S_4).

8. Quand on ne pouvait pas finir une tranche en un jour, on limitait la partie construite par une cloison normale à l'intrados.

Pour rassurer les ouvriers, on relia, suivant leur fibre moyenne, les 10 tranches supérieures par 3 barres rondes d'acier de $3^{cm}2$, portant à leurs extrémités une plaque boulonnée (f_{15}) (S'_2).



On n'a pas ménagé de vides aux retombées, parce qu'il aurait fallu y soutenir les tronçons par de gros étais, qui auraient gêné la pose et le pilonnage.

Sous le poids des tranches 8, le cintre fléchit aux reins ; l'ensemble des grosses tranches 2, 4, 6, dont le centre de gravité était à 1^m22 en porte-à-faux, se sépara de la culée à l'extrados : la fissure, large de 3^{cm} à 9^{cm}, pénétrait jusqu'à 30^{cm} de l'intrados (S_1).

On releva le cintre avec des coins et des vérins.

Ç'a été la seule fissure observée.

Pour empêcher les tranches des reins 8, 10, 11, de glisser sur le platelage après l'enlèvement des cloisons, on a construit, en même temps qu'elles, des prismes de béton *a*, *a*, *a* (f_{15}, f_{16}), plus tard noyés dans le clavage (S''_2).

A mesure qu'on chargeait le cintre, des fissures s'ouvraient à la face supérieure de ces prismes jusqu'à 15^{cm} de leur arête inférieure : on ne les a pas bouchées (S_1).

B. - Clavages entre les tranches. — 14 jours après la fin du bétonnage, on clava partout, presque en même temps, dans l'ordre des chiffres du croquis f_{15}, en terminant à la clef (S'_2).

On arrosa constamment le cintre pour maintenir les bois gonflés ; on comptait sur leur rétrécissement au séchage pour aider au décintrement (S_1).

Φ_2 (S''$_1$)



Pour que les petits prismes *a*, *a*, *a* (f_{15}, f_{16}) ne travaillassent pas seuls[9], on cherchait à diminuer le retrait du béton des clavages : on le posait par couches très minces, on y enfonçait des pierres en forme de coins (S_1).

De très minces fissures apparurent à l'arête supérieure de quelques clefs, là où on n'avait pas pris soin de pilonner le béton plus haut que l'extrados, puis de l'araser (S_1).

Pendant 5 semaines après le clavage de la première voûte, la chaleur rétrécit beaucoup les bois, sans toutefois décintrer, mais, peut-être, soulagea sensiblement le cintre (S''$_2$).

C. – Parements vus. — On appliquait contre les moules un mélange de 1^v de ciment, 2^v de sable et 3^v de pierre noire concassée, passée au tamis de 9^{mm}5 et sans poussière ; puis on coulait le béton. On n'a constaté nulle part de décollement.

On enlevait les moules en général un jour après la pose du béton, 2 ou 3 jours après par temps froid ; puis on lavait à la brosse pour mettre à nu la pierre.

On obtenait ainsi l'aspect du granit, et on supprimait les fissures superficielles du ciment.

9. Un retrait de 0^{mm}8 provoque un effort de compression sur les prismes *a*, *a*, *a*, (f_{15}, f_{16}) de 140^k par $\overline{0^m01}^2$ [avec E (coefficient d'élasticité) = $1{,}4 \times 10^5$ (en kg $\overline{0^m01}^2$)].

L'empreinte des planches sur les douelles a été enlevée au marteau à air comprimé.

On a dessiné aux têtes des joints de 32^{mm} de creux, distants de 61^{cm} à la clef, de 76^{cm} aux retombées (S''_2).

Pendant la construction des tympans, on posa un jour, contrairement aux instructions, 100 tonnes de béton d'un côté seulement de la clef. Cette charge dissymétrique ne provoqua pas de fissure.

On n'a observé de fissures dans les voûtes, ni sous les charges, ni par les variations de température.

12. Décintrement (S_4).

— Pour décintrer, on dégagea facilement au marteau les coins des retombées, puis on desserra partiellement les autres à partir de la clef. Pour quelques-uns, il fallut soulever les fermes avec des vérins à vis allant jusqu'à 15 tonnes. L'un dut être ruiné au ciseau. On recommença dans le même sens en desserrant complètement les coins.

A la première voûte, le cintre fut détaché en 6 heures par 8 hommes (S''_2).

13. Transport du cintre de la première voûte sous la deuxième.

Après le décintrement, on démonta les parties K I A', K' I' W' F' (f_{12}) et on les remonta sous le deuxième anneau (S_3). On déboulonna les ancrages qui fixaient les palées d'acier G aux piles en béton (S''_2) ; puis on déplaça en bloc la partie I A' W' I' H (S_3), pesant 900 tonnes (S'_2), sur les rouleaux d'acier, au moyen de vérins de 35 tonnes, installés horizontalement à l'arrière de chaque pile, et manœuvrés chacun par deux hommes (S''_2).

Le déplacement du cintre dura 3 jours (S''_2, S_4).

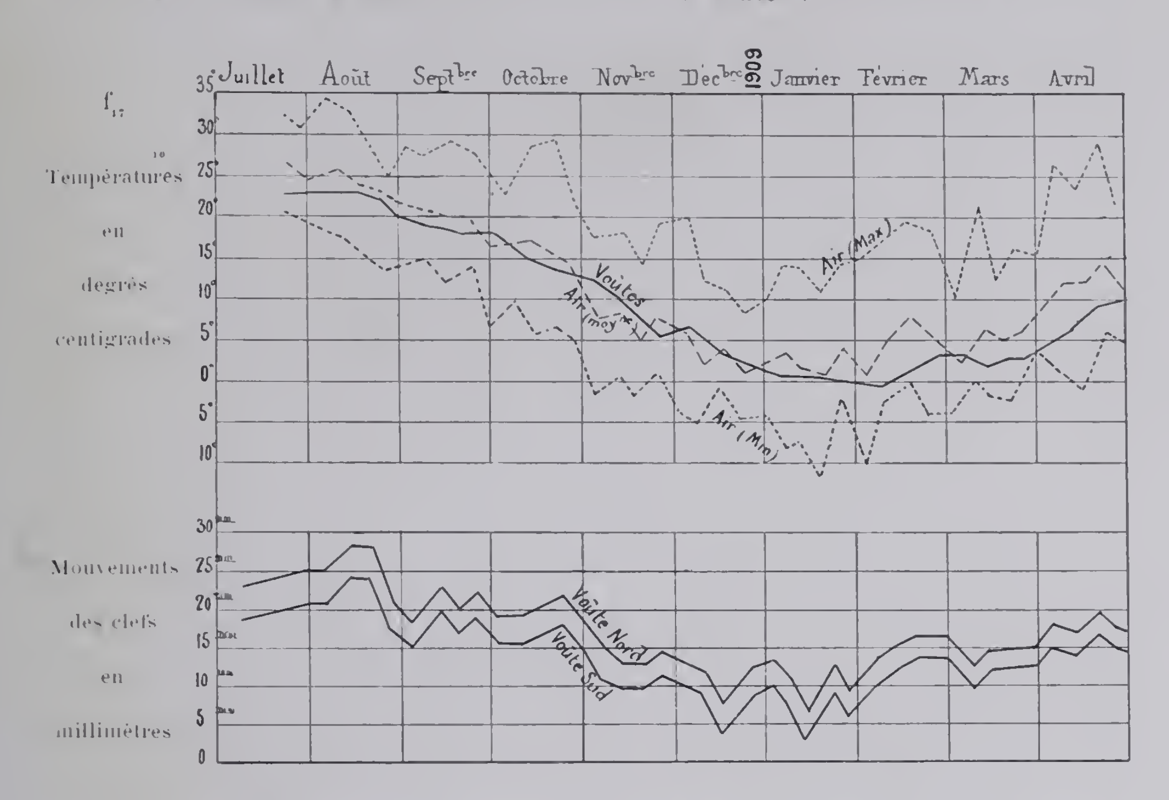
On fixa de nouveau les palées d'acier sur les piles en béton, et on souleva le cintre sur ses coins pour l'amener à la hauteur voulue (S''_2).

14. Dates (S''_2, S_4).

		1906
Commencement	des fouilles	1er août
	de la pose du béton	20 septembre
		1907
1re voûte	Montage du cintre	1er janvier — 1er avril
	Bétonnage	29 avril — 5 juin (S_4)
	Décintrement	commencement de juillet
Déplacement du cintre		3-5 août
2e voûte	Clavage	17 octobre
	Décintrement	fin novembre
		1908
Achèvement des travaux		juillet (S_4)
Ouverture à la circulation		16 décembre (S_4)

On a occupé en moyenne 125 hommes.

15. Mouvements dus aux variations de température (S_1). — Voici les mouvements observés à la clef des deux voûtes :



Voici les plus grands abaissements prévus et observés :

	prévus	observés
de la température	22°2 c.	23°7 c.
de la clef	25^{mm} [11]	28^{mm}5 [12]

16. Personnel (S''_2).

Ingénieurs. *Projet et Direction des Travaux :* MM. George S. Webster, Ingénieur en Chef, et Henry H. Quimby, « Assistant Engineer » du Bureau d'Études (Surveys) de la ville de Philadelphie.

Entrepreneurs : MM. Reilly et Riddle.

Directeur de l'entreprise : M. T. H. Riddle.

Ingénieur : M. Maurice Bernstein.

Le projet du cintre a été fait par l'Entreprise (S_3, S_4).

10. — La température des voûtes était prise chaque semaine à un thermomètre électrique logé dans l'une d'elles, près d'une des naissances, sur la fibre moyenne.
La température de l'air était donnée par le Bureau météorologique de la ville.

11. — Calculé avec un coefficient d'élasticité $2 \times \overline{10}^6$ en livres et pouces carrés $= 1.4 \times \overline{10}^5$ en kg $\overline{0^m01}^2$.
La variation de longueur de l'arc pour une variation de 22°2 c. était aussi 25^{mm}.

12. — Entre ce tassement et celui du graphique, il y a un écart d'environ 7^{mm}. J'ai reproduit exactement les indications de S_4.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution (S'_1), photographies (S''_1) et Cahier des charges (S'''_1), très aimablement communiqués par M. George S. Webster.

S_2. — Engineering Record :

S'_2. — 17 novembre 1906, p. 543 et 544 : « *The Walnut Lane Bridge, Philadelphia* ».

S''_2. — 31 août 1907, p. 222 à 226 : « *The Walnut Lane Bridge, Fairmount Park, Philadelphia* ».

S_3. — Engineering News, 31 janvier 1907, p. 117 et 118 : « *The Walnut Lane concrete arch Bridge across the Wissahickon, Philadelphia* ».

S_4. — American Society of Civil Engineers. Transactions. vol. LXV, n° 1128, p. 423 à 461, Pl. XIV à XXIX : « *Walnut Lane Bridge, Philadelphia* », MM. George S. Webster et Henry H. Quimby. — Mémoire lu le 15 septembre 1909.

Le Génie Civil, 23 mars 1907, a donné une brève description du pont.

Les dessins sont extraits de S'_1, sauf f_{12}, f_{13} qui sont de S'_2.

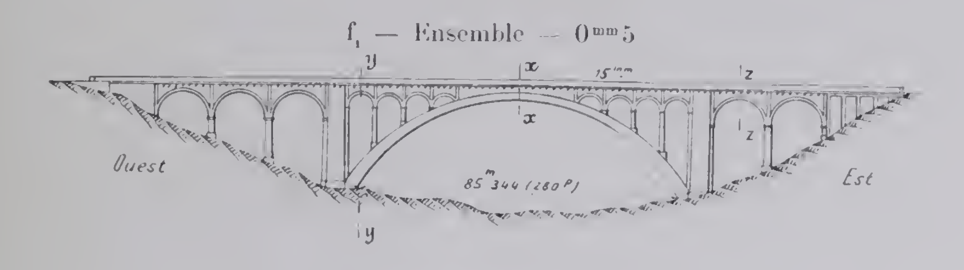
PONT SUR LA ROCKY RIVER,

PRÈS DE CLEVELAND[1] *(ÉTATS-UNIS, - Ohio)*

en prolongement de l'Avenue de Detroit[2]

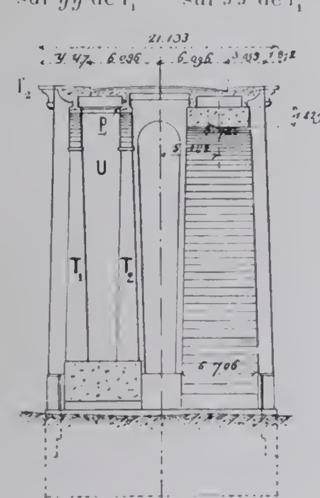
1908-1910 $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$ r^{te} ($\geqslant 40^m$)^3

f_1 — Ensemble — 0mm5

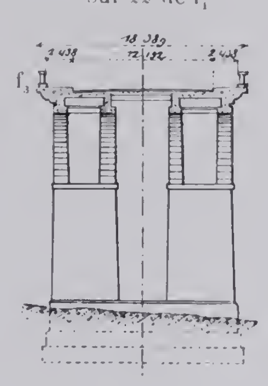


Coupes en travers — 1mm5

sur yy de f_1 sur xx de f_1



sur zz de f_1



1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — L'ouvrage est bien en vue, entre des berges escarpées, hautes de 30^m, presque dans la ville de Cleveland (S_2).

2. Dispositions à signaler (S_2, S_4). — C'est, avec plus de portée, le pont de Walnut Lane[3] ; comme lui, c'est, en béton et béton armé, le pont de Luxembourg[4].

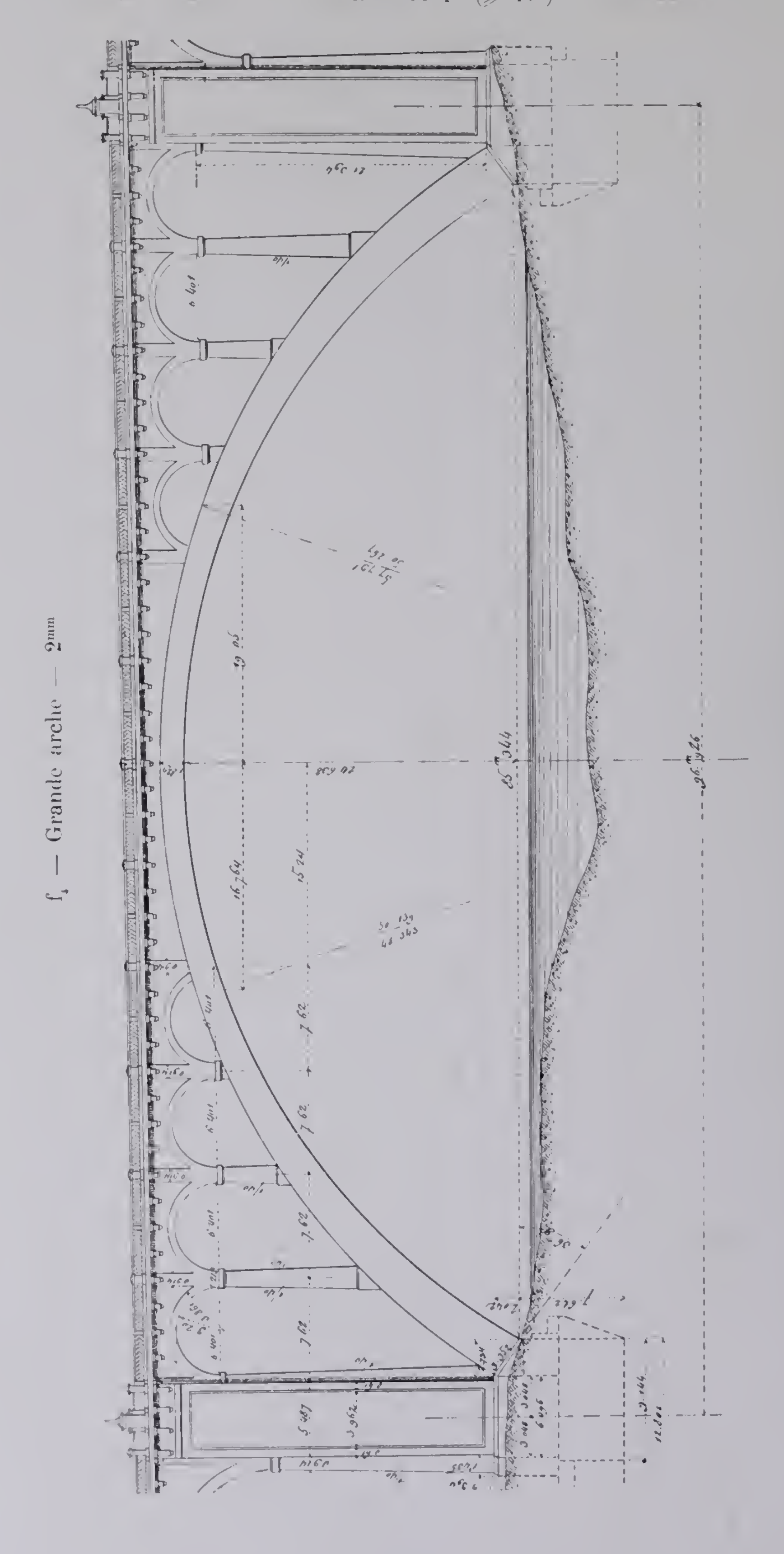
Comme à Walnut Lane, deux grandes voûtes jumelles en béton portent 2 murs T_1, T_2 (f_2) évidés par des voûtes, reliés par des murs transversaux U (f_2, f_3, f_6).

1. — A l'ouest de Cleveland, entre les faubourgs de Lakewood et de Rocky River (S_6), à quelque 800^m de l'embouchure de la Rocky River dans le lac Érié.

2. — Pour une « circulation intense de voitures, et 2 voies d'*interurban railroad* » (S_6).

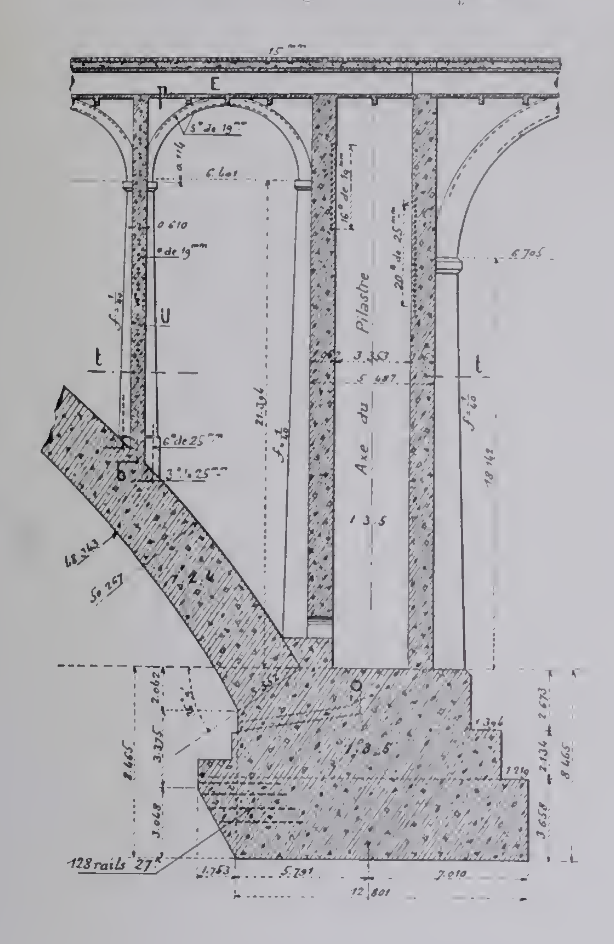
3. — $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$ r^{te} ($\geqslant 40^m$)^2 - Tome II.

4. — $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$ r^{te} ($\geqslant 40^m$)^1 - Tome II.

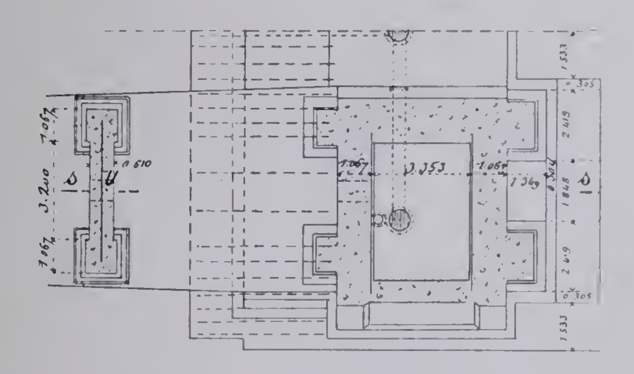


f_4 — Grande arche — 2mm

f₅ — Coupe en long sur ss de f₆ — 3mm



f₆ — Coupe horizontale sur tt de f₅ — 4mm



Tout est en béton.

On a seulement armé :

les voûtes d'accès ;

les voûtes d'évidement, à l'intrados du cerveau, à l'extrados des reins ;

les murs U ;

le plancher *p* (f_2, f) ;

la plateforme sous chaussée.

Toujours comme à Walnut-Lane, les dernières piles sont accrochées aux reins des grandes voûtes par des barres coudées *b* (f_5).

Les pilastres encadrant les grandes voûtes sont creux (f_6) ; ils sont faits de minces murs de béton.

3. Grandes voûtes. Intrados.

L'intrados des grandes voûtes est un arc à trois centres. Leur fibre moyenne est la courbe de pression pour la charge morte.

4. Tablier en béton armé sous chaussée (S_2).

Au-dessus des grandes

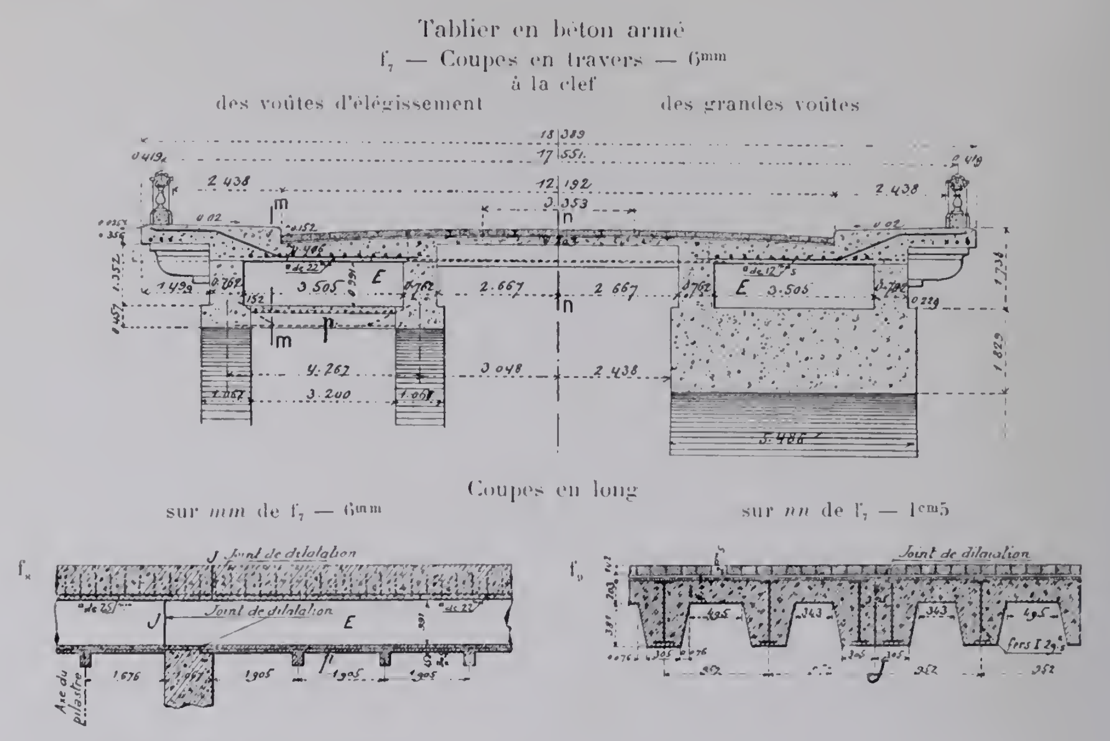
voûtes, dans les larges évidements E (f_7), passent les conduites : électricité, eau, gaz, égouts.

Tablier en béton armé

f_7 — Coupes en travers — 6^{mm}

à la clef

des voûtes d'élégissement — des grandes voûtes



Coupes en long

sur *mm* de f_7 — 6^{mm} — sur *nn* de f_7 — $1^{cm}5$

f_8 — f_9

Le béton est armé :

au-dessus de chacun des deux ponts, par de simples barres (f_7, f_8) ;

entre les deux ponts, par des poutrelles d'acier en **I** (f_7, f_9) auxquelles sont fixés les rails de tramway.

5. Joints de dilatation (S_2). — La plateforme est coupée tous les 15^m24 (f_8, f_9, joints J).

6. Chaussée (S_2). — Sur le béton de la plateforme, on a étalé trois couches de goudron, puis $2^{cm}5$ de sable ; dessus, on a posé des briques et rempli de goudron leurs joints.

7. Composition du béton (S_2) (fait à la machine) (S_4).

Pour 1 vol. de ciment Alma....	Sable	Calcaire cassé	
Grandes voûtes.............	2^v	4^v ...	et des pierres posées suivant le rayon. Il y a excès de ciment dans le mortier, de mortier dans le béton. La résistance, en cubes de 30^{cm}, est, en $kg/\overline{0^m01}^2$ à 30 jours 145^k, à 3 mois 151^k, à 6 mois 223^k. La pression maxima ne dépasse pas 45^k
Fondations et socles.........	3^v	5^v ...	et des pierres de $30^c \times 61^c \times 91^c$ entourées d'au moins 7^c6 de béton.
Piles, tympans.............	3^v	5^v ...	et des pierres maniables par un homme, entourées d'au moins 7^c6 de béton.
Chaussée, trottoirs, consoles, petites voûtes...........	2^v	4^v ...	Pierre cassée, à l'anneau de 2^c5.

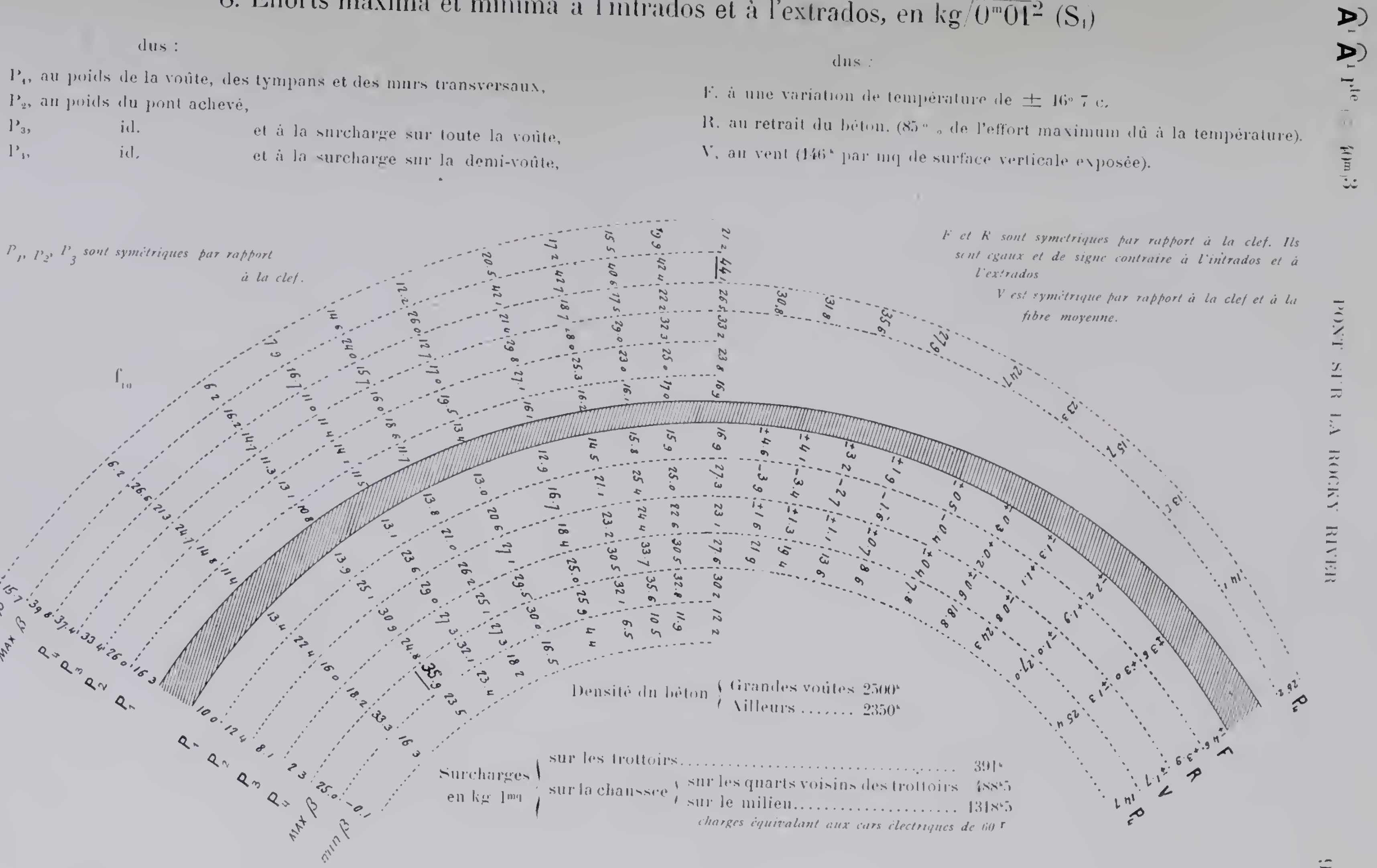
8. Efforts maxima et minima à l'intrados et à l'extrados, en kg/$\overline{0^m 01^2}$ (S_1)

dus :

P_1, au poids de la voûte, des tympans et des murs transversaux,
P_2, au poids du pont achevé,
P_3, id. et à la surcharge sur toute la voûte,
P_4, id. et à la surcharge sur la demi-voûte,

dus :

F, à une variation de température de ± 16° 7 c.
R, au retrait du béton. (85 % de l'effort maximum dû à la température).
V, au vent (146k par mq de surface verticale exposée).



9. Cintre (S_4), (f_{11} à f_{23}). — *A. Fermes.* — Le même cintre a servi pour les deux anneaux.

Il est en acier, à 2 fermes F à 3 articulations (f_{11}, f_{12}), faites chacune de deux arbalétriers appuyés l'un contre l'autre à la clef. La semelle inférieure avait une contreflèche de 5^{cm}, qui fut exactement absorbée par la charge.

Φ_1 (S'''_4)



Les fermes sont maintenues par des poutrelles T, dont la plupart seront, plus tard, enrobées dans le tablier sous chaussée (f_{12}, f_{13}, f_{16}).

Pour ne pas les couper, on a écarté, à leur demande, les deux fermes.

On a employé l'acier par économie[6].

On a retroussé le cintre, parce qu'on ne pouvait pas battre des pieux dans le schiste dur, et pour laisser passer les glaces.

On a articulé, pour calculer plus facilement et plus sûrement les efforts et les flèches.

On a soigné le cintre comme une construction permanente.

Les assemblages faits au chantier étaient boulonnés et non rivés.

Les vaux V (f_{13}, f_{14}) étaient simplement posés sur les poutres T[7]. Entre eux, en C (f_{14}), des coins permettaient de racheter les déformations locales.

6. — On a admis $14^k7\ \overline{0^m001}^2$ pour le travail de l'acier (S_6).

7. — On avait supposé que les fermes portaient seulement les composantes des poids suivant le rayon les composantes tangentielles étant transmises aux culées par les vaux ou les étais en béton armé qui, soutenaient les tranches avant les clavages (voir plus loin : n° 11).

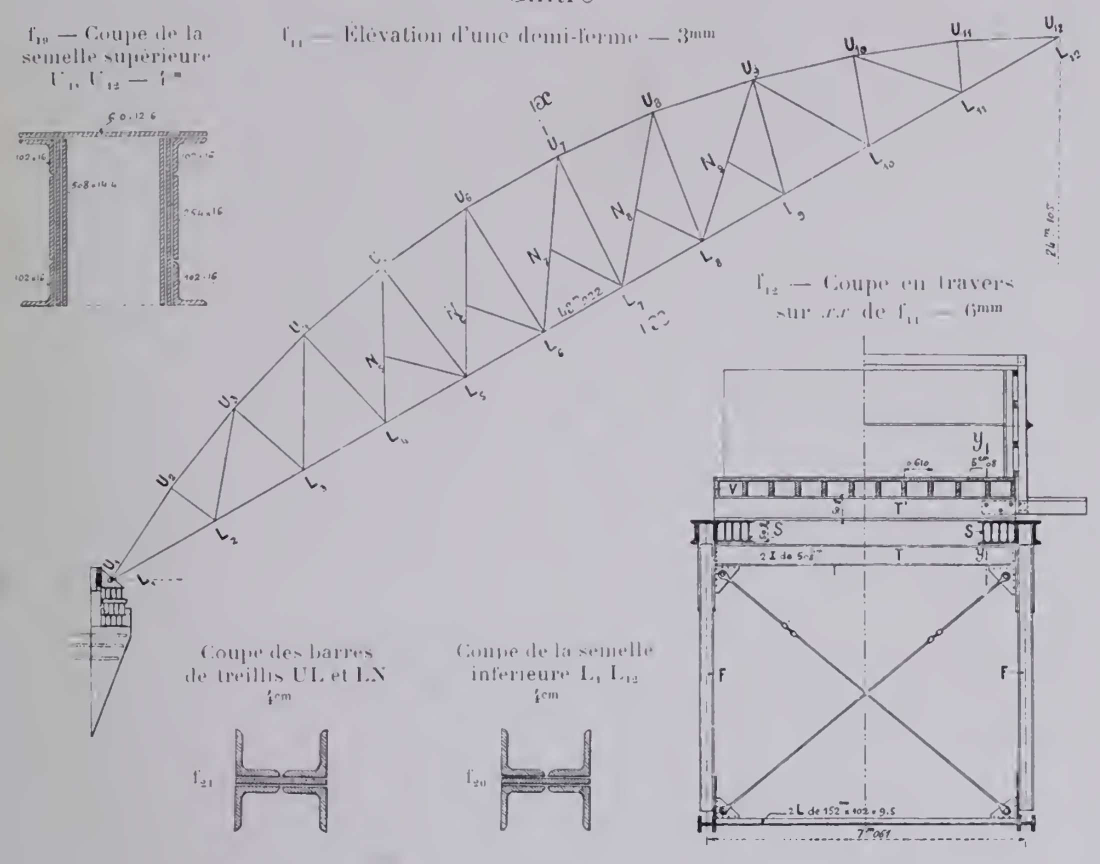
Les flèches observées ont vérifié cette hypothèse (S_6).

Cintre

f_{19} — Coupe de la semelle supérieure U_{11} U_{12} — $\frac{1}{4}$ᵐ

f_{11} — Élévation d'une demi-ferme — 3ᵐᵐ

f_{12} — Coupe en travers sur xx de f_{11} — 6ᵐᵐ



Coupe des barres de treillis UL et LN $\frac{1}{4}$ᶜᵐ

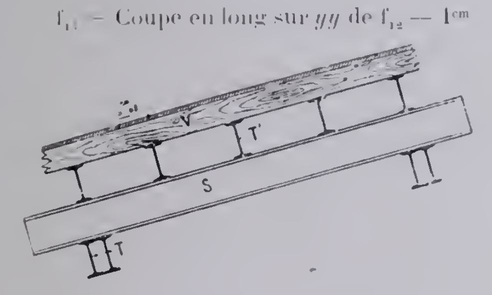
f_{21}

Coupe de la semelle inférieure L_1 L_{12} $\frac{1}{4}$ᶜᵐ

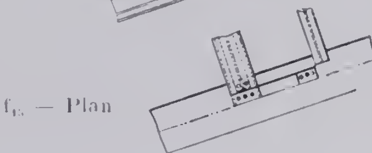
f_{20}

Nœuds U_2, U_4, U_6, U_8 de f_{11} — 1ᶜᵐ

f_{13} — Coupe en long sur yy de f_{12} — 1ᶜᵐ



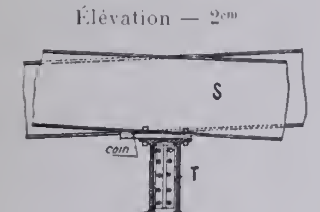
f_{14} — Élévation



f_{15} — Plan

f_{16} — Assemblage des poutres S sur les poutres T

Élévation — 2ᶜᵐ

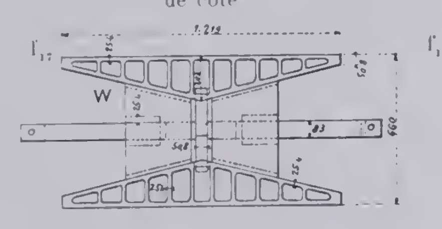


Coins à vis sous les fermes

Élévations — 3ᶜᵐ

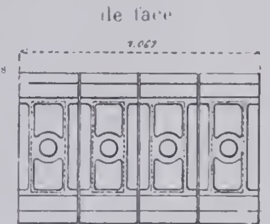
de côté

f_{17}

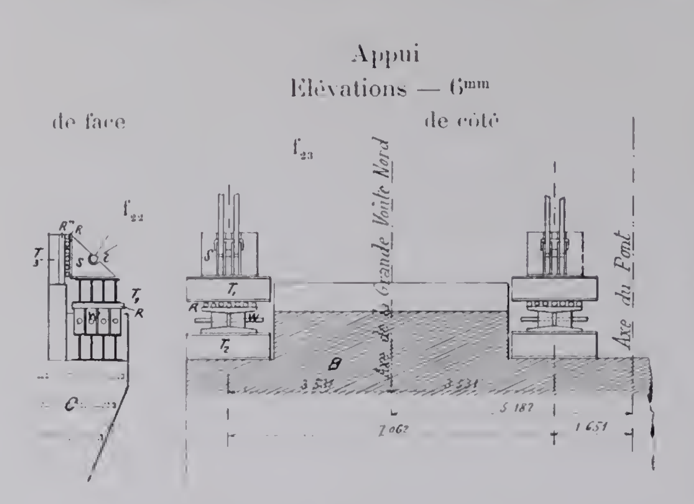


de face

f_{18}



B. - Appui de chaque ferme aux retombées (f_{22}, f_{23}) (S_3, S_5). — La rotule de la naissance *r* est portée par un sabot triangulaire S, lequel s'appuie :



1° – verticalement :

sur 4 I, T_1, mobiles sur les rouleaux R qui serviront à transporter le cintre. Le tout est posé sur des coins à vis W (f_{17}, f_{18}), permettant d'élever ou d'abaisser les fermes, puis sur 4 I, T_2, enfin, sur une console en béton armé, *C*;

2° – horizontalement :

contre deux systèmes de rouleaux : les uns horizontaux R' (f_{22}), les autres verticaux R'', ceux-ci roulant sur des I, T_3.

Chaque sabot porte 830 tonnes. Les vis des coins W étaient verrouillées.

On avait poli toutes les faces de glissement des sabots et des coins.

10. Exécution des parements vus des pilastres (S_2). — Ils sont faits d'un mortier à 1v de Portland, 2v de gros sable, 2v de granit cassé à 6mm2, sans poussière.

Sur les faces verticales, on pose une couche d'au moins 2cm5, en même temps que le béton.

Dès que le béton a fait prise, on enlève les coffrages : on remplit les vides du parement ; on le lave jusqu'à ce que le gravier apparaisse.

On le met à l'abri du soleil, et on le maintient humide pendant 3 jours.

Sur les faces horizontales, on pose une couche de 3cm8, avant que le béton ait durci.

Après prise, on le lave jusqu'à ce que le gravier apparaisse.

11. Construction des grandes voûtes (S_4). — On les a construites par tranches symétriques, dans l'ordre des chiffres de f_{24}. On laissait entre elles des vides K de 1m22, maintenus suivant leur fibre moyenne par trois étais *a* (f_{24}) en béton armé, de 1m83 de longueur, pénétrant dans les tronçons voisins.

Aux reins, les étais avaient 0m76 × 0m91 et étaient armés de 18 barres carrées de 25mm. Ils étaient plus minces à la clef.

Dans le béton des retombées, on avait encastré, sur la moitié de leur épaisseur, de grosses pierres, pour assurer sa liaison avec le béton de la voûte.

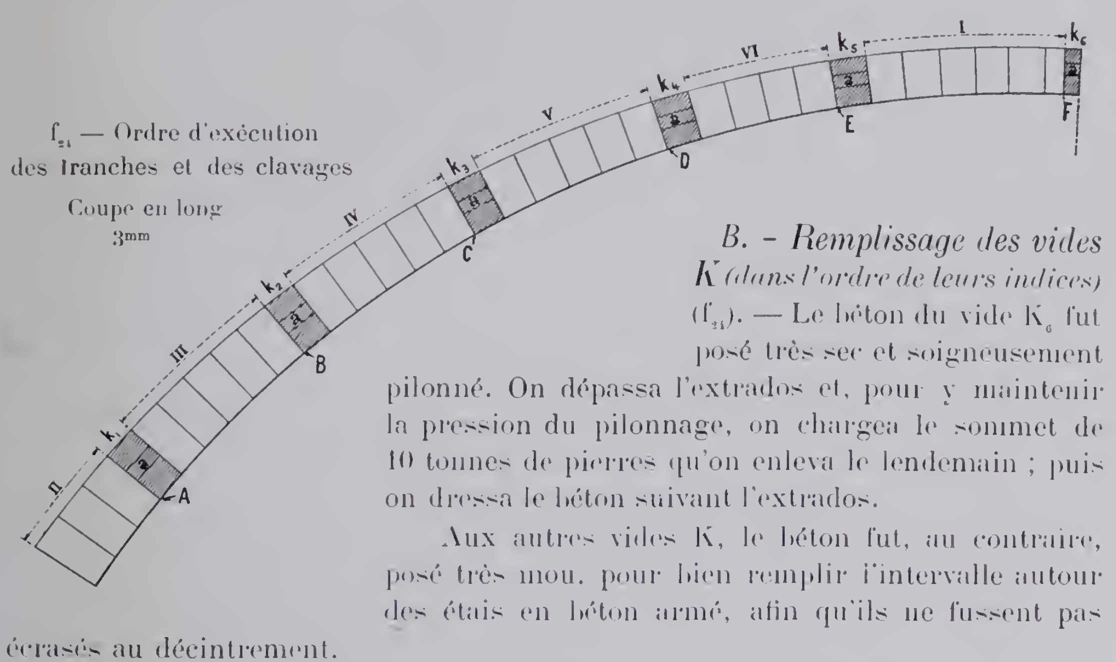
A. - Exécution des tranches. — Dans chaque tranche on a posé, normalement à l'intrados, 30 % de pierres de 0m30 × 0m91 × 1m52.

Dans les tranches II et III, le béton était juste assez mou pour qu'on y pût enfoncer les pierres.

La construction de chaque tranche dura 2 à 3 jours. Le soir, on posait des pierres débordant de la moitié de leur épaisseur.

A partir de 40° de la clef, on posa le béton plus mou. On plaça les pierres aussi près que possible l'une de l'autre, avec découpes, d'une rangée sur l'autre.

Dans l'après-midi, on posait, là où on prévoyait que le travail serait arrêté le soir, une cloison transversale à rainures, pour accidenter la surface du béton à reprendre le lendemain.



f_{21} — Ordre d'exécution des tranches et des clavages

Coupe en long

3^mm^

B. - Remplissage des vides K (dans l'ordre de leurs indices) (f_{21}). — Le béton du vide K_6 fut posé très sec et soigneusement pilonné. On dépassa l'extrados et, pour y maintenir la pression du pilonnage, on chargea le sommet de 10 tonnes de pierres qu'on enleva le lendemain ; puis on dressa le béton suivant l'extrados.

Aux autres vides K, le béton fut, au contraire, posé très mou, pour bien remplir l'intervalle autour des étais en béton armé, afin qu'ils ne fussent pas écrasés au décintrement.

On y forçait le dosage, pour y avoir tout de suite une résistance au moins égale à celle des tronçons qui, eux, étaient renforcés par des pierres.

C. - Bandeaux (S_4). — De 2^cm^5 à 5^cm^ en arrière des cloisons de tête, on plaçait des feuilles d'acier sensiblement moins hautes qu'elles.

Entre les cloisons et ces feuilles, et en même temps que le béton du corps de la voûte, on posait du mortier à 1^v^ de ciment et 4^v^ d'éclats de granit et de trapp.

On élevait les feuilles d'acier au fur et à mesure.

Après enlèvement des cloisons de tête, on bouchardait la surface du mortier, puis on la lavait à l'acide pour enlever le ciment et mettre à nu la pierre.

12. Mouvements observés pendant la construction du 1er anneau (anneau Sud). — Sous le poids des tranches I (f_{21}), l'articulation de clef du cintre s'abaissa de 44^mm^, et les reins se relevèrent.

Sous les tranches II, ce fut l'inverse ; après les tranches VI, la rotule de clef était élevée de 25^mm^ au-dessus de sa position initiale, et la semelle inférieure du cintre était devenue rectiligne.

Sous le poids des tranches IV, les arbalétriers du cintre perdirent leur contre-flèche : les tranches II et la moitié inférieure des tranches III se séparèrent du platelage.

On observa que les vides entre les tranches tendaient à s'ouvrir à l'extrados, à se fermer à l'intrados.

Les joints de retombée ne s'ouvrirent pas.

A cette voûte, portée par un cintre métallique très sensible aux variations de température, on voulut permettre de suivre les mouvements du cintre après clavage. Avant de claver le vide K_6, on huila les faces voisines des deux tranches, puis on bétonna, un jour froid (S_6).

Quelques jours après, la température s'éleva sensiblement : l'un de ces joints huilés s'ouvrit (f_{22}) ; il resta ouvert jusqu'au décintrement.[8]

Entre les clefs K_1, K_2 et les tranches III et IV (f_{24}), on observa à l'extrados une fissure de 15cm à 20cm de long, 12mm6 d'épaisseur. On la boucha : elle ne reparut plus.

A l'extrados des autres clefs, se produisirent des fissures capillaires de 5cm de profondeur, attribuées au retrait.

On constata, avant décintrement :

1° – que la rotule de clef du cintre était exactement à sa place théorique ;

2° – que l'écartement moyen de l'intrados réel et de l'intrados théorique était inférieur à 12mm6 ;

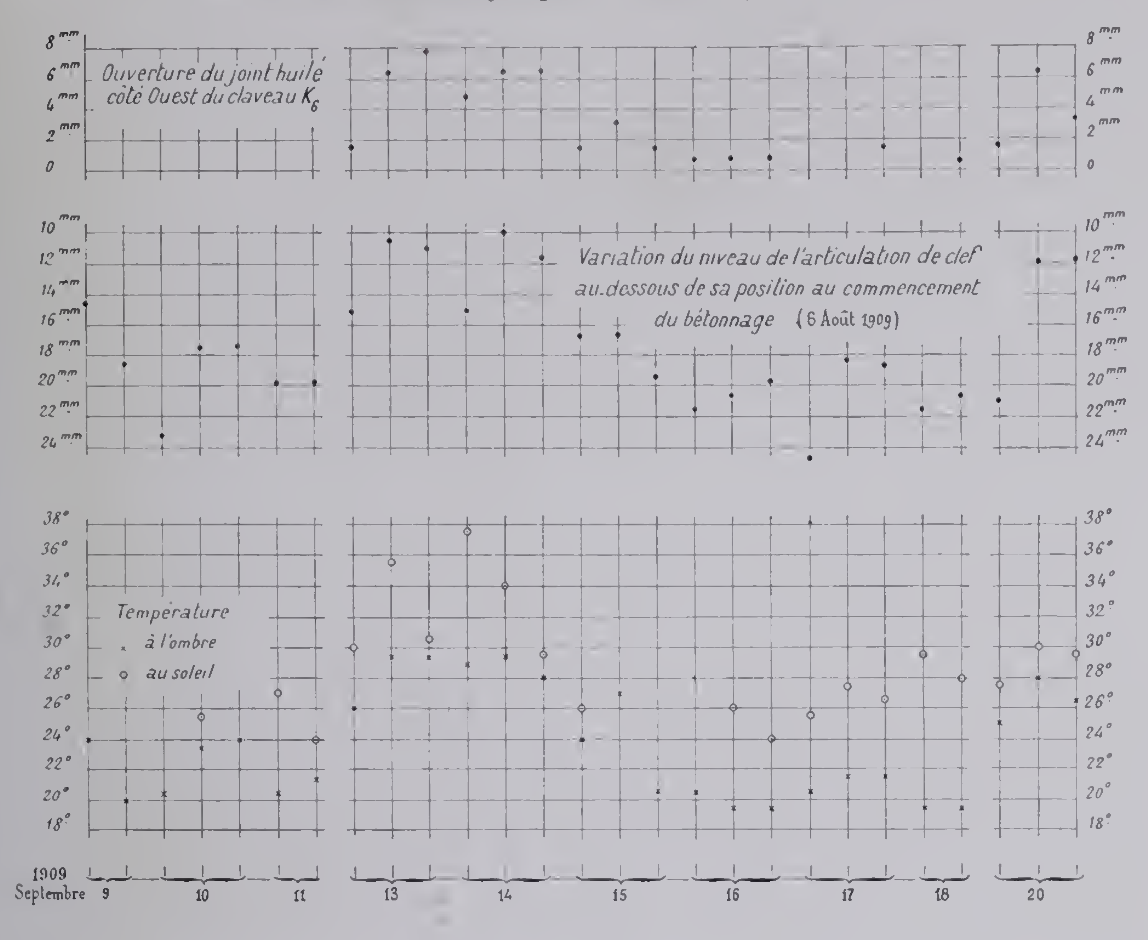
3° – que les longueurs des deux intrados différaient de moins de 12mm6.

A. – Mouvements du cintre pendant le bétonnage des tranches (S_6).

Date — Août 1909	*Température en ° Centigr.*	Distance verticale, en *mm.*, au-dessous (—) ou au-dessus (+) de leur position, au commencement du bétonnage, des points A à F de f_{24}. A		B		C		D		E		F	État d'avancement des tranches
		Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Clef	
6	*28°9*												I commencée (23 T)
9	*29°4*	— 1.5	+ 2	+ 3	+ 2.1	+ 4.6	+ 2.1		+ 25.1	— 21	— 23.8	— 34	I achevée (419 T)
11	*23°3*	— 2	— 1	+ 4.1	— 1.5	+ 16	— 1.5	— 8.2	— 9	— 25	— 31.9	— 41.4	II faite sur 1m83
13	*26°7*	— 3.7	+ 1	+ 4.1	+ 2.4	— 0.6	+ 2.4	— 11.3	+ 16.1	— 22	— 27	— 42.4	II achevée
17	*25°*	— 7	— 3.8	— 2.7	— 4	— 5.8	— 4.3	— 13.3	+ 12.5	— 23	— 31.7	— 41.5	III faite aux 3/4
19	*25°6*	— 9	— 5.2	— 9.4	— 8.2	— 6.4	— 8.2	— 12.5	+ 10	+ 12	— 21.8	— 36.6	III achevée
24	*30°*	— 14.5	— 9	— 22	— 22.8	— 16.1	— 26	— 14.5	— 15	— 17.5	— 21.3	— 17.4	IV faite aux 2/3
26	*29°1*	— 14.3	— 12	— 26.5	— 28.9	— 25	— 35	— 14.2	— 21	— 14	— 24.4	— 11.6	IV achevée
28	*22°8*	— 17.4	— 13.7	— 32.6	— 32	— 38.7	— 45.7	— 34.1	— 42.6	— 23.5	— 38.1	— 14	V et moitié de VI achevées
31	*26°7*	— 19.5	— 14.3	— 34.7	— 34.1	— 45.4	— 47.9	— 43.8	— 35.7	— 34.6	— 43.3	— 12.8	VI achevée

8. — « Le niveau de l'articulation de clef était si sensible aux variations de température, que M. Stevens, le « Resident Engineer », déclare qu'il pouvait déterminer la température de l'air en mesurant l'ouverture du joint de béton. » (S_6). — Voir le graphique f_{22}.

B. – f_{25} – Mouvements de la clef, après clavage (S_6).



13. Décintrement. — On décintra quand le béton des clefs K_1, K_2 avait 19 jours, celui des tranches, 28 jours[9]. On put ainsi construire la deuxième voûte avant l'hiver, ce qu'on n'avait pas d'abord espéré.

On déverrouilla, puis on desserra les vis commandant les coins. Chacun d'eux, pesant environ 610k, était manœuvré par 4 hommes.

Après décintrement, l'écart maximum entre l'intrados réel et l'intrados projeté n'atteignait pas 12mm6 (S_6).

14. Transport du cintre [les piles sur le dos de la voûte, achevées (S_6)]. — Dans le béton B (f_{22}), étaient encastrés deux rails.

En desserrant les vis des coins de décintrement, on amena les rouleaux R (f_{22}, f_{23}) à reposer sur eux. On déplaça le cintre au moyen d'une poulie et d'un câble fixé à un treuil.

9. — Le béton des claveaux K (1', 1', 2') s'écrasait à 225k à 7 jours, celui des tranches. (1', 2', 4') à 218k à 30 jours.
Au décintrement, la voûte travaillait à 17k (S_6).

15. Exécution du deuxième anneau (S_4). — On le construisit exactement comme le premier.

16. Dates (S_2, S_4).

				1908
Commencement (S_2)	des travaux			29 octobre
	du bétonnage			5 décembre
				1909
Grandes voûtes (S_4)	Anneau Sud	Bétonnage	des tranches	6 - 30 août
			des claveaux	3 - 9 septembre
		Décintrement		28 septembre
	Anneau Nord			9 octobre - 6 novembre

17. Personnel (S_4, S_6).

Ingénieurs.

Projet et Exécution : M. A. B. Lea, Ingénieur du Comté de Cuyahoga,
M. A. M. Felgate, Ingénieur des Ponts.
Le 6 septembre 1909, M. F. R. Lander a succédé à M. A. B. Lea,
M. A. L. Stevens, « Resident Engineer ».

Projet du cintre : M. Wilbur J. Watson, Ingénieur-Conseil.

Entrepreneurs : MM. Schillinger frères.
Chef de l'Entreprise : M. Hiram Miller.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution (S'_1), renseignements (S''_1) et photographie (S'''_1) gracieusement communiqués par M. le Dr Waddell, « Consulting Engineer » à Kansas-City.

S_2. — Engineering Record, 23 janvier 1909, p. 90 à 92 : « *The Rocky River Concrete Bridge Near Cleveland, O.* ».

S_3. — Dessins du cintre et photographie qu'a bien voulu m'adresser M. A. B. Lea.

S_4. — Engineering Record, 1er janvier 1910, p. 4 à 8 : « *The construction of the Rocky River Bridge.* »

S_5. — Concrete Engineering, juin 1909, p. 148 et 149 : « *The Rocky River Bridge.* »

S_6. — Proceedings of the American Society of Civil Engineers, vol. XXXVII, n° 4, avril 1911, p. 507 à 515, Pl. XL à XLIV : « *Steel centering used in the construction of the Rocky River Bridge, Cleveland, Ohio.* » M. Wilbur J. Watson, M. Am. Soc. C. E.

PONT DE SIDI RACHED, SUR LE RHUMEL[1], À CONSTANTINE[2] *(ALGÉRIE)*

1908-1912 $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$ r^te^ (≥ 40m)[4]

Φ₁[3] (S'''₁)



1. Deux ponts jumeaux. — Deux ponts de 4m de largeur, écartés de 4m, portent une dalle en béton armé (f_4). On a donné 12m à la circulation avec deux ponts ayant ensemble 8m de largeur.

Comme à Luxembourg[1], Walnut Lane[5], Rocky River[6], le système n'a pas été limité à la grande voûte, mais étendu à tout l'ouvrage, qui a 27 arches : 13 de 8m80, 8 de 9m80, 4 de 16m, 1 de 30m, 1 de 69m.

1. — Le Rhumel, à Constantine, ressemble fort au Tajo, à Ronda (Andalousie), franchi, en 1784-88, par une voûte en ovale surhaussé de 13m20 seulement, entre de hauts pieds-droits.

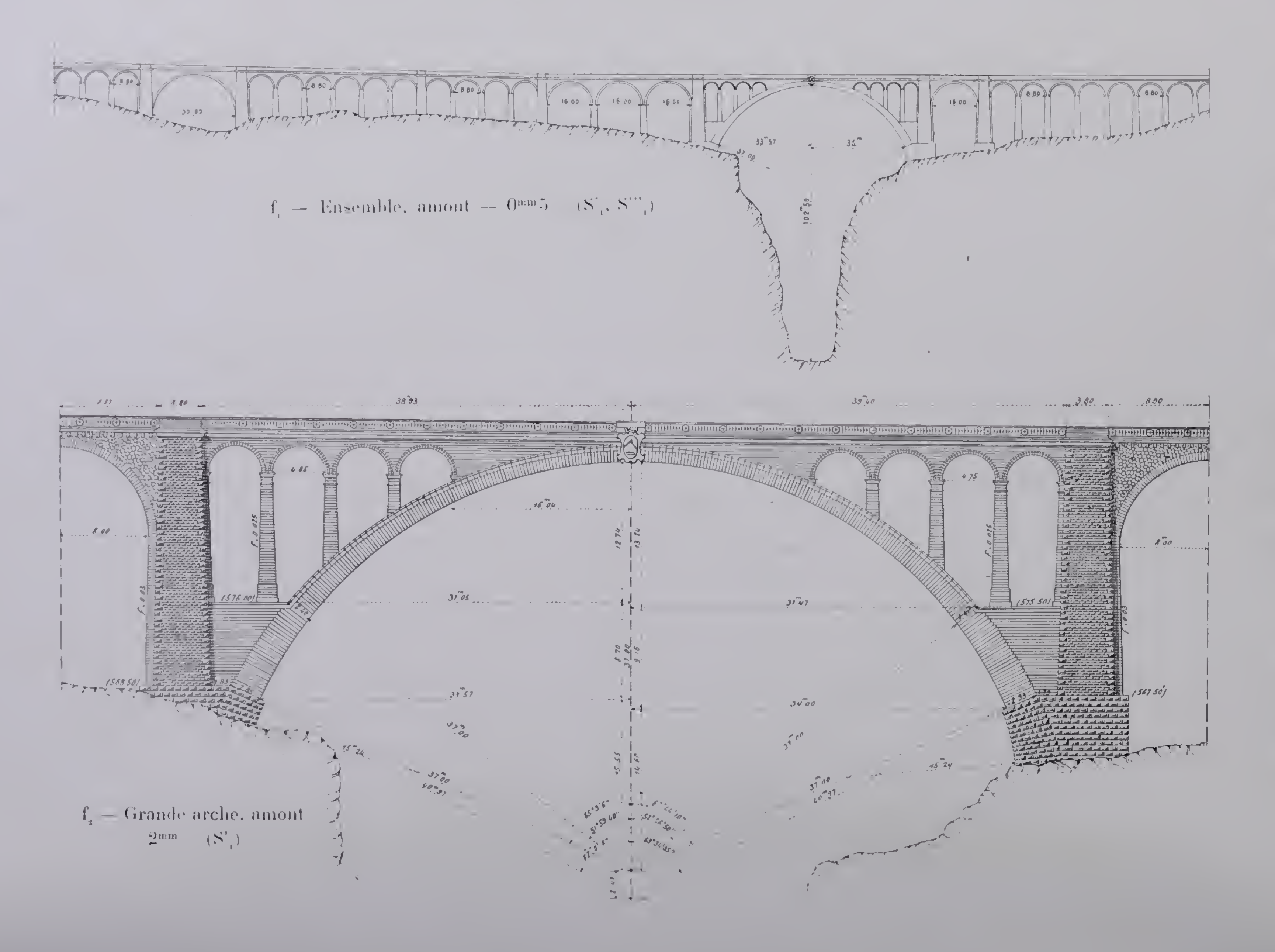
	Ronda	Constantine
Hauteur de la chaussée au-dessus du thalweg	82m	102m50
Largeur du vide en haut	40m	54m

Relevés de M. de Dartein. — « *Etudes sur les Ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs au XIXe siècle* » Tome V, Pl. 55 à 58.

2. — Raccordement, entre le quartier du Coudiat et la gare de Constantine, des routes nationales n° 5 d'Alger à Constantine et n° 3 de Stora à Biskra.

3. — Cliché de M. Lauffenburger, Photographe à Constantine — Juillet 1912.

4. — $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$ r^te^ (≥ 40m)1 5. — $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$ r^te^ (≥ 40m)2 6. — $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$ r^te^ (≥ 40m)3



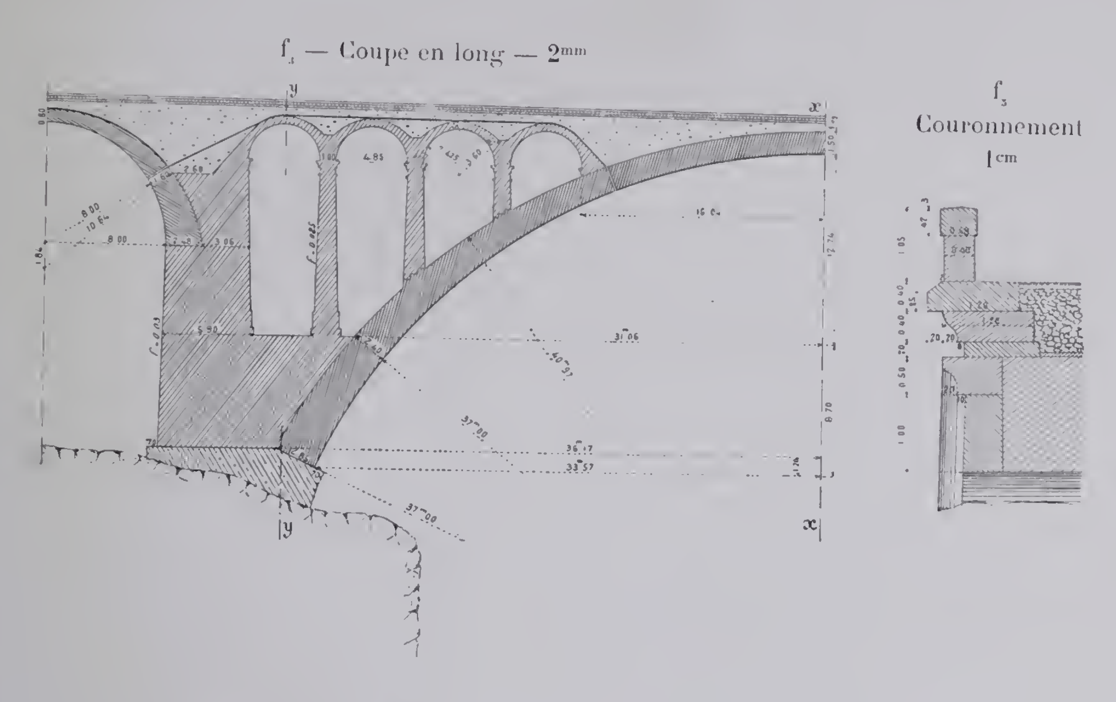
f_1 — Ensemble, amont — 0mm5 (S'_1, S''_1)

f_2 — Grande arche, amont 2mm (S'_1)

2. Pourquoi on a fait une grande arche en maçonnerie. —

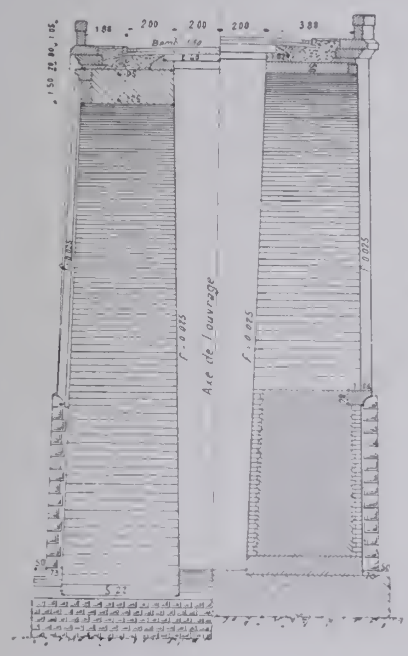
Par-dessus cette gorge profonde, il fallait une grande arche ; en pierre, elle n'était guère plus chère qu'en fer, parce que les carrières sont proches (S_2) : on ne pouvait hésiter.

f_4 — Coupe en long — 2^{mm}



f_5
Couronnement
1^{cm}

f_4 — Demi-coupes en travers — 3^{mm}
sur xx de f_4 | sur yy de f_4



3. Couronnement. —

Rectiligne, il eût paru concave : il a une flèche de 6^{cm} (S_3).

4. Matériaux (S_3).

A. - Sable. — On a employé du calcaire broyé, reconnu meilleur que l'excellent sable des plages de Philippeville :

tout venant, pour la maçonnerie ordinaire ;

passé à la claie, pour la maçonnerie d'appareil.

B. - Appareil. — On a taillé en voussoirs :

les pierres de taille des bandeaux ;

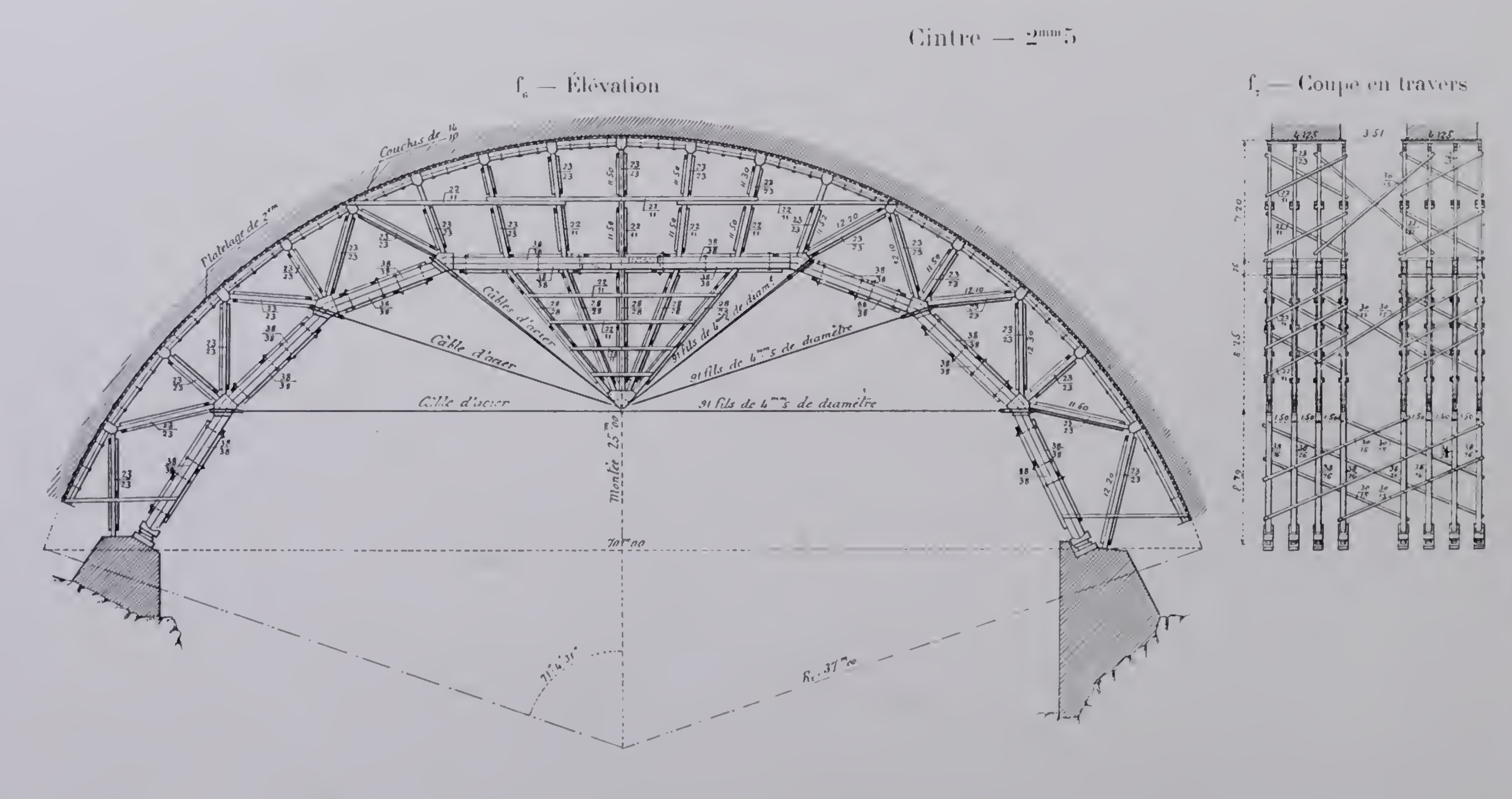
les moellons d'appareil de l'extrados, pour y montrer des joints minces.

Les moellons cubaient de $0^{mc}04$ à $0^{mc}10$.

Cintre — 2mm5

f_6 — Élévation

f_7 — Coupe en travers



Chêne de France. — *Dessous de la clef pendante. — Supports des arbalétriers inférieurs. — Cales sous les brides, aux abouts des câbles.*	Feuilles de zinc. — *Joints entre les pièces.*
Pin blanc d'Autriche. — *Tout le reste.*	Feuilles de plomb — *Joints entre les arbalétriers inférieurs et leurs supports en chêne. — Appui de ces supports sur les massifs de maçonnerie. — Appui des derniers raux.*

Acier { Câbles en fils à 100k 1mmq, à 2 enroulements. Brides et écrous. — *Abouts des câbles.*

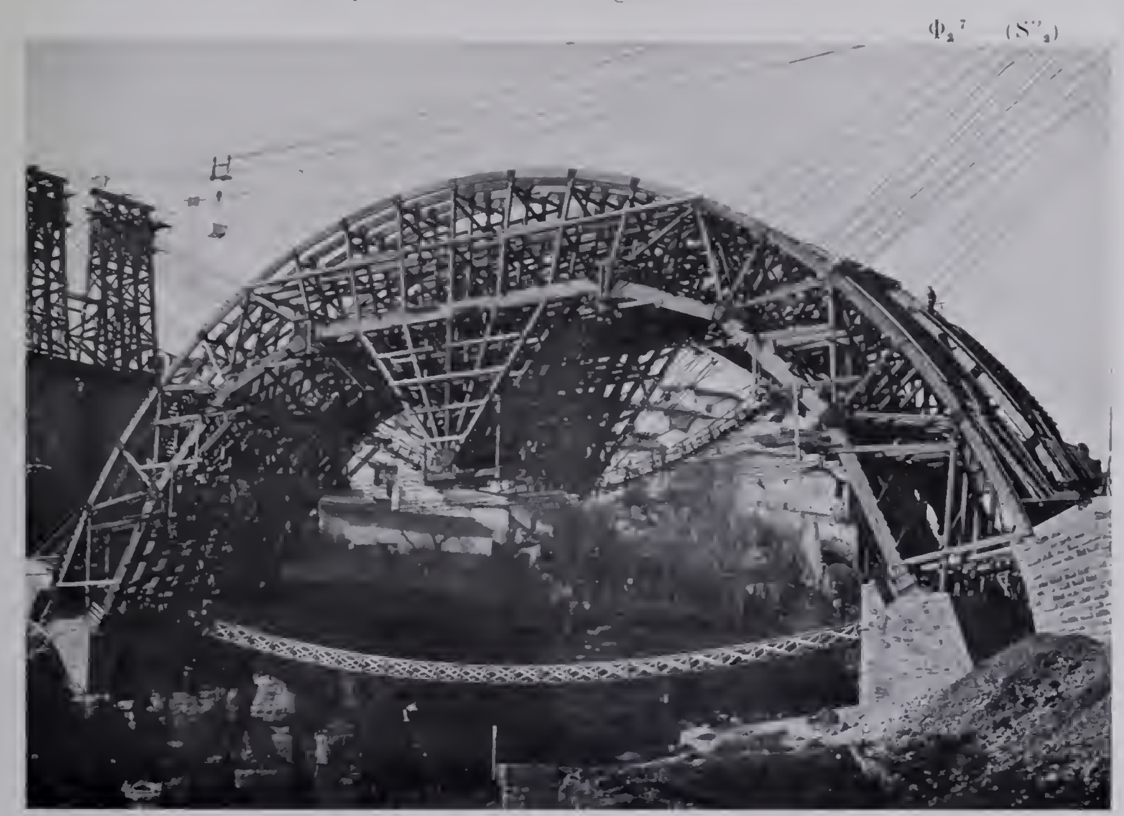
Fonte - Culots. — *Abouts des câbles.*

Plaques de tôle. — *Recouvrement des assemblages.*

5. Cintres des grandes voûtes (S''_1, S_3) (Φ_2, f_6, f_7). — *A. - Pourquoi on a construit deux cintres.* — Le cintre d'une seule voûte aurait eu une portée de 68m, une montée de 25m, une hauteur de 35m au-dessus du sol, — (il était donc difficile de l'y amarrer), — une largeur de 4m88 seulement.

On a craint de ne pouvoir le contreventer assez pour résister au vent, — qui, là, souffle parfois en tempête, — et aux charges.

Φ_2[7] (S''_2)



On a construit de suite les deux cintres. On a eu ainsi une largeur de 12m88 au lieu de 4m88, soit le 1/5e de la portée au lieu du 1/14e.

On a calculé les pièces[8] pour un rouleau de 1m d'épaisseur moyenne : en fait, le premier rouleau eut 0m60 à la clef, 1m20 aux naissances.

B. - Dépense (S_4).

Cintres proprement dits				152.713f 22 (0,61 d)
Bois			68.142f 07 (0,27 d)	
Massifs de maçonnerie (*Construction et démolition*)	supportant les cintres	19.975f	30.550f (0,12 d)	
	amarrant les télécharges auxiliaires	10.575f		
Installations pour le montage et la mise en place				97.419f 62 (0,39 d)
Total				250.132f 84 (d)

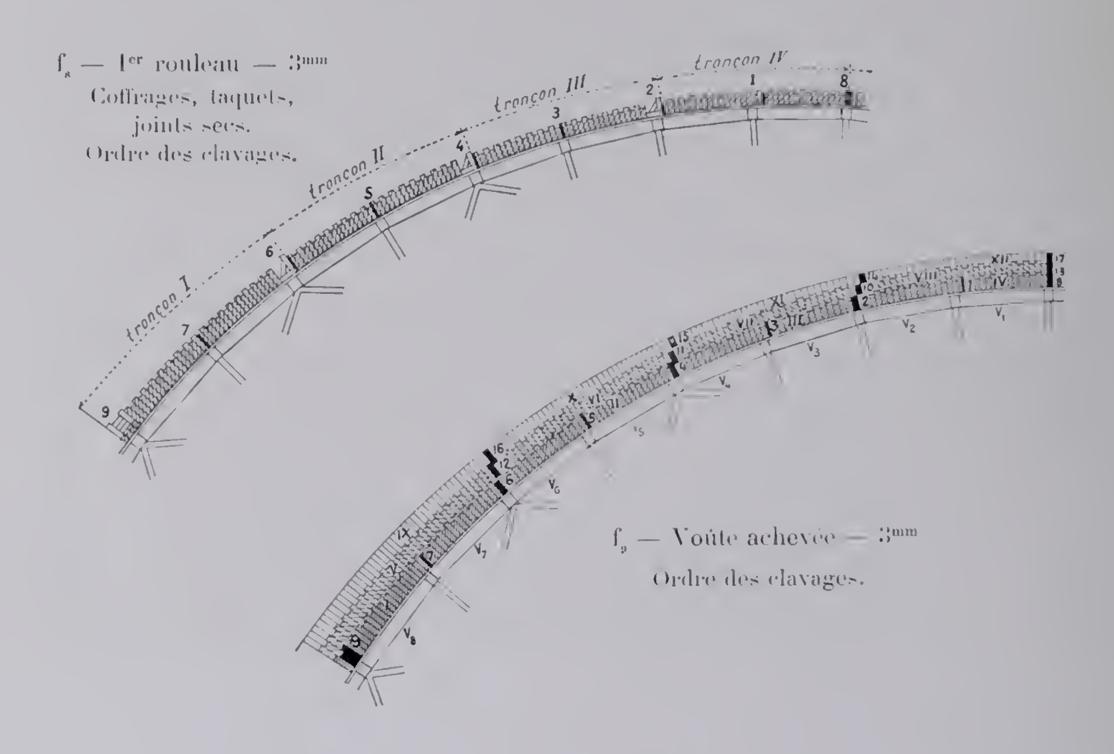
7. — Cliché de M. Lauffenburger, photographe à Constantine, — 3 février 1910.

8. — avec les formules données aux Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, p. 503 et suivantes : « *Construction des Ponts du Castelet, de Lavaur et Antoinette* ». M. Séjourné.

C. - *Prix d'unité (en location)* (S_3).

Bois	Pin d'Autriche	le m. c.	133^f37
	Platelage de 2^{cm}	le m. q.	3^f05
Métal	Fontes et fers	le kg.	0^f57
	Acier doux (brides, étriers)	le kg.	0^f89
	Câbles	le kg.	1^f02

6. Exécution des grandes voûtes (f_8, f_9). — On a chargé le cintre au cerveau, sur 54°, comme il devait l'être par le premier rouleau ; en tendant les câbles, on ramenait les reins écartés par la charge (S_3).



Le premier rouleau a été articulé au droit de tous les points fixes du cintre [9] : dans les joints secs, on matait énergiquement le mortier (ciment 50^k, sable très sec 83^l3, eau 12^l) (S_3).

Au cerveau, on ficha, puis on mata légèrement tous les joints (S'''_1).

On commença le deuxième rouleau 8 jours après le clavage du premier, le troisième aussitôt après le clavage du second (S_3).

7. Mouvements du cintre en plan. — Sous le chargement, le cintre s'est courbé vers l'aval avec une flèche de $7^{cm}5$ (S_3).

9. — D'après la methode du Pont de Lavaur $\widehat{A}^1$ F^r (> 40m)4 — Tome II.

On a donné cette explication :

Dans les bois sciés sur épure, le trait de scie était plus large à l'entrée (face supérieure, qui a été ensuite la face amont du cintre) qu'à la sortie (face sur le sol, qui a été ensuite la face aval du cintre). Ces joints d'amont, plus larges, se sont fermés sous la pression.

8. Dates d'exécution des grandes voûtes (1910) (S'_2).

	Voûte aval	Voûte amont
1er rouleau	9-30 avril	2-14 mai
2e rouleau	17 mai — 6 juin	7-18 juin
3e rouleau	27 juillet — 17 août	12 août — 1er sept.

9. Décintrement. — Après l'achèvement du premier rouleau, et pendant tout l'été, la clef des voûtes n'a pas varié : la chaleur a donc dilaté l'arc de ce dont les charges l'avaient contracté.

En juillet 1910, avant la construction du 3e rouleau, les bois s'étaient desséchés et le platelage du cintre avait commencé à se séparer de la douelle ; en septembre, il ne la touchait plus (S''_1) : il y avait un vide de 2 à 6mm (S_2).

C'est le soleil qui a décintré les deux voûtes, en les dilatant et desséchant les bois.

Pour abaisser le cintre, on souleva légèrement, avec des vérins hydrauliques, le pied des arbalétriers, et on dégagea les coins (S_2).

10. Dalle en béton armé. — C'est un hourdis de 15cm d'épaisseur, sur nervures espacées de 1m75. Il est coupé tous les 11m, par un joint de 1cm, au-dessus d'une nervure. Au voisinage des joints, les nervures sont rapprochées à 1m20 au lieu de 1m75.

11. Quelques prix d'unité (prix payés à l'Entrepreneur) (S_2).

		Materiaux en œuvre. le m. c.	Parements vus et rejointoiements. le m. q.
Moellons	ordinaires	23f 50	2f 54
	équarris *(têtués)*	38f 10	3f 85
	d'appareil *(smillés)*	48f 26	5f 08
Pierre de taille		107f 95	8f 25 (petit appareil) 14f 60 (grand appareil)

Béton armé	Béton de ciment	le m. c.	114f 30
	Acier doux (armatures)	le kg.	0f 51
Garde-corps en fonte		le kg.	0f 552

12. Salaires (S_2).

Maçons	7f à 7f50 par jour.
Tailleurs de pierre (à la tâche)	9 à 12f par jour.

13. Personnel (S_3).

Ingénieurs :

Avant-projets : M. Godard, puis M. Raby, Ingénieurs en chef.
M. Daujon, puis M. Guérin, Ingénieurs ordinaires.

Projet définitif et Exécution : Sous la haute direction de M. Godard, Inspecteur Général,

M. Boisnier, Ingénieur en chef, M. Gadreau (jusqu'en mars 1911) et M. Mercadier (depuis juillet 1911), Ingénieurs ordinaires.

Projet du cintre : M. Séjourné [10].

Direction, surveillance des chantiers, études de détail : M. Bonnefous, Sous-Ingénieur.

Entrepreneur : M. J.-B. Vitte.

Ingénieur de l'Entreprise : M. Faron.

10. — Sur la demande des Ingénieurs.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution (S'_1), renseignements (S''_1) et photographies (S'''_1), gracieusement communiqués par M. Boisnier (1909-1912).

S_2. — Renseignements (S'_2) et photographie (S''_2) qu'a bien voulu m'adresser M. Gadreau (1910).

S_3. — Annales des Ponts et Chaussées, 1912, III, p. 473 à 524 ; Pl. 16 à 18 : « *Les Ponts de Constantine. — Le Pont de Sidi-Rached* » M. Boisnier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ [1]

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $\overset{\frown}{A}^{1}F^{r}$ $(\geqslant 40^{m})$ [2]

Voir Préliminaires, Tome II, p. 3 et 4 :
1 — pour la définition des « arcs peu surbaissés ».
2 — pour le sens de ce symbole

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole 1	PROJET — ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage 2	PROJET — ENSEMBLE Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados 3	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayon* 4	GRANDE VOÛTE — ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Retombées* 5	GRANDE VOÛTE — ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Retombées* 6	GRANDE VOÛTE — MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment* 7	GRANDE VOÛTE — PRESSIONS en kg 0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées 8	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES* 9
de **Kleinwolmsdorf** *Saxe* 1844-1845 Â[1] Fr (40m) 1	» » »	» *7m 88 entre bandeaux*	Arc de cercle **45m,32** *15m 10* $\frac{1}{3}$ = 0,333 *24m 55*		2m,30 »	Bandeaux A l'intrados, PT[1] de 1m70 et 0m80 de queue ; à l'extrados, ME[1]		
de **Berdoulet** *France* 1860-1861 Â[1] Fr (40m) 2	*70m 20* 0 14m32	8m 00 *8m 66* Pas de fruit 0m 80	Arc d'anse de panier à 3 centres **40m,00** *11m 65* $\frac{1}{3,44}$ = 0,29 *Rayons :* *au cerveau, 24m 10* *aux reins, 21m 50*	1m,70 *3m,30*	1m,80 *3m 30*	Bandeaux, Douelle, Clef et contre-clefs : L[1] Queutage : MOV[1] *Ciment*		1° 2 voûtes transversales, en arc de cercle de 11m60 à 1/3,55 2°
du **Castelet** *France* 1882-1883 Â[1] Fr (40m) 3	*66m 41* 20mm RD RG 22m81 (thalweg)	5m 65 *5m 81* Fruit $\frac{1}{30}$ 0m90	Arc de cercle **41m,203** *14m 00 (moyenne)* $\frac{1}{2,94}$ = 0,34 *22m 20*	1m,25 *2m 25 à 60°*	1m,25 *2m 25 à 60°*	Bandeaux : PT[1] Grand appareil Douelle et Queutage : MEV[1] 2 assises pour 1 assise de bandeau Granit d'Ax *Ciment artificiel Vicat n° 1 = 650k* *Joints :* *Bandeaux .... 12mm* *Douelle 20mm*	Pour un travail limite de / Pression moy. à la clef Voûte seule (décintrement) : 10k / 6k Ouvrage terminé : sans surcharge : 15k / 10k avec surcharge : 20k / 14k *Méthode graphique Durand-Claye Cuny* Surcharge : 4764k/1m.c	1° 7 voûtes transversales, en plein cintre de 4m00 sur piles de 0m80 2°

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, p. 11, n° 6.

A VOIE NORMALE

SÉRIE $\hat{A}^1$ F^r (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION — FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol $\frac{kg}{(0^m01)^2}$ *Procédé* 10	GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement 11	FERMES Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement* 12	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux 13	Cube de bois Poids de fer Dépenses par mq de douelle [2] 14	MODE DE CONSTRUCTION 15	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date 16	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v 17	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER **Q** DÉPENSE **D** Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4] 18
Rocher Retombée rive gauche sur massif de MOI [1] : …gueur . 16m …sur 10m72 …teur, aux …mbées 10m	Fixe » Coins	**7** » » »			Bandeaux à pleine épaisseur. Corps en 2 rouleaux 1er rouleau sur cales en bois. Mortier coulé, puis fiché.	» *20 jours environ* »	t'_v 10mm	D = 145 000f environ D : S_p = 258f D : W = 20f
…schiste dur …ive gauche + 6m66 …ive droite + 4m66 *A sec*	Retroussé sur 26m40 Éventail *Sapin* Boites à sable	**5** *Fermes de rive* 20c *Fermes intermédiaires* 25c Fermes de rive 1m65 Fermes intermédiaires 1m50 *70mm*	207mc 14759k 30000f	0mc56 39k6 80f5	A partir de 60° de la clef : 2 rouleaux Au 1er roul. 6 tronçons. 5 clavages. Au 2e roul. 4 tronçons. 3 clavages.	Voûte nue *60 jours* 26 janvier	t_c = 53mm t'_v 2mm02	see table below

	Fondations	Élévation	Ensemble
Q	478mc	1069mc	1547mc
Q : S_p	1mc29	2mc88	4mc17
Q : W	0mc09	0mc21	0mc30
D	55000f	152000f	207000f
D : S_p	148f3	410f0	558f3
D : W	10f7	29f4	40f1
D : Q	115f0	142f2	133f8

…ur le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation. 4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets. Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *B*.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE: *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	PROJET — ENSEMBLE: Largeurs entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée / *Montée* Surbaissement *Rayon*	GRANDE VOÛTE — ÉPAISSEURS — CORPS Clef / *Retombées*	GRANDE VOÛTE — ÉPAISSEURS — TÊTES Clef / *Retombées*	GRANDE VOÛTE — MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	GRANDE VOÛTE — PRESSIONS en kg : 0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Lavaur** *France* 1882-1884 $\widehat{A}^1$ Fr (40m) 4	*123m50* RG 5mm RD 27m13 étiage	4m50 / *1m692* Fruit $\frac{1}{25}$ 0m85	Arc de cercle 61m,50 / *27m50* $\frac{1}{2,24}$ = 0,446 *Rayons :* *au-dessus du sol, sur 148° 6' 54''* *31m20* *au-dessous du sol, sur 14° 22' 30''* *19m688*	1m,65 / *2m,81* *à 58° 52' 30''*	1m,65 / *2m81* *à 58° 52' 30''*	Bandeaux : PT [1] Calcaire oolithique du Quercy Douelle et Queutage : MEV [1] même épaisseur que les voussoirs des bandeaux. Calcaire à entroques (oolithe inférieure) de Lexos (720k à 1127k) *Au-dessus de 58° 52' 30''* *Ciment artificiel Vicat n° 1 — 650k* *Sable de l'Agoût* *Joints* *Bandeaux .... 10mm* *Douelle....... 15mm*	Pour un travail limite de : / Pression moy. à la clef : Voûte seule (décintrement) 16k / 7k Ouvrage terminé sans surcharge 18k / 13k avec surcharge 23k / 17k *Méthode graphique Durand-Claye Cunq* Surcharge : 4764 1mc'	1° 6 voûtes transversales évidées, en plein cintre de 4m50 sur piles de 1m10 2° *Archivolte*
Antoinette *France* 1883-1884 $\widehat{A}^1$ Fr (40m 5	*89m25* 0 14m40 étiage	4m50 / *1m80* Fruit $\frac{1}{25}$ 0m90	Arc de cercle Au niveau des fondations 50m,00 / *15m90* $\frac{1}{3,145}$ = 0,318 *Rayons :* *au-dessus du sol, sur 90° 42' 54''* *31m* *au-dessous du sol, sur 40° 8' 33''* *6m20*	1m,50 / *2m,28* *à 40° 56' 33''*	1m,50 / *2m28* *à 40° 56' 33''*	Bandeaux : PT [1] Douelle et Queutage : MEV [1] 2 assises pour 1 assise de bandeau Granit de Sidobre 691k à 977k *Ciment artificiel Vicat n° 1 — 650k* *Joints* *Bandeaux .... 10mm* *Douelle....... 12mm*	Pour un travail limite de : / Pression moy. à la clef : Voûte seule (décintrement) 19k / 8k Ouvrage terminé sans surcharge 18k / 14k avec surcharge 30k / 18k *Méthode graphique Durand-Claye Cunq* Surcharge : 4764 1mc'	1° 10 voûtes transversales évidées, en plein cintre de 4m00, sur piles de 0m96 2° *Archivolte*

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, p. II, n° 6.

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE À MORTIER Q — DÉPENSE D
FONDATIONS	GRANDE VOÛTE							
	CINTRE				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses					
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg par 0m01² *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Mollasse (Tuf) *Marne argileuse avec lits calcaires et amandes de grès* — 2m87 Pressions : maxima : 6k7 moyenne : 5k9 *A sec*	Fixe Eventail *Sapin* Boites à sable	**5** *Fermes de rive* 20cm *Fermes intermédiaires* 25cm 1m50 *Pas de surhaussement*	325mc 11246k 38000f	0mc66 22k8 76f9	A partir de 55° de la clef, 3 rouleaux. Au 1er roul. 8 tronçons, 15 clavages. Au 2e roul. 6 tronçons, 3 clavages. Au 3e roul. 8 tronçons, 5 clavages.	Voûte nue *135 jours* 7 mai	t_c 18mm7 t'_v 0mm6	(Fondations / Élévation / Ensemble) Q : 2102mc / 4517mc / 6619mc Q : S_p : 3m 78 / 8m 13 / 11mc 91 Q : W : 0m 20 / 0m 42 / 0mc 62 D : 81000f / 404000f / 485000f D : S_p : 145f8 / 726f9 / 872f7 D : W : 7f6 / 38f0 / 45f6 D : Q : 38f5 / 89f4 / 73f3
Mollasse (Tuf) Rive droite : — 4m80 Rive gauche : — 4m01 Pressions : maxima et moyenne : 6k4 *A sec*	Fixe Eventail *Sapin* Boites à sable	**5** *Fermes de rive* 20cm *Fermes intermédiaires* 25cm 1m40 *Pas de surhaussement*	187mc 7806k 32300f	0mc59 24k8 102f5	A partir de 49° 51' 27" de la clef. 3 rouleaux. Au 1er roul. 8 tronçons, 13 clavages. Au 2e roul. 8 tronçons, 7 clavages. Au 3e roul. 4 tronçons, 3 clavages.	Voûte nue *99 jours* 10 septembre	t_c 13mm t'_v 0mm6	(Fondations / Élévation / Ensemble) Q : 1073mc / 1330mc / 2403mc Q : S_p : 2mc 67 / 3mc 31 / 5mc 98 Q : W : 0mc 23 / 0mc 28 / 0mc 51 D : 50000f / 174000f / 224000f D : S_p : 124f4 / 433f / 557f4 D : W : 10f6 / 36f8 / 47f4 D : Q : 46f6 / 130f8 / 93f2

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. 111, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) = C'est la surface offerte à la circulation. 4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S^r, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. 111, n° 7 — *B*.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE Longueur *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayon*	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Retombées*	TÊTES Clef *Retombées*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Waldlitobel** *Autriche* 1883-1884 Â[1] Fr (> 40m) 6	*71m* 30mm5 45m (sur l'axe)	4m 50 *4m 50* Fruit $\frac{1}{20}$ 1m00	Arc de cercle **41m,00** *13m 23* $\frac{1}{3,10}$ = 0,323 *22m 50*	**1m,70** *3m 10*	1m,70 *3m 10*	Bandeaux : Gros moellons grossièrement taillés *« Chaux-ciment »* *0mc 5*	Pression moyenne à la clef : 12k2	1° 8 voûtes transversales, en plein cintre de 2m, sur piles de 1m20 2° »
de **Céret** *France* 1883-1885 Â[1] Fr (> 40m) 7	*186m 52* 10mm RD RG 26m	4m 62 *4m 62* Fruit $\frac{1}{40}$ 1m00	Arc de cercle **45m,00** *19m 50* $\frac{1}{2,31}$ = 0,433 *22m 73*	**1m,40** *2m 80 a 60°*	1m,30 *2m 80 a 60°*	Bandeaux : PT[1] Grand appareil (42c en moyenne, en douelle) Douelle et Queutage : L[1] (épaisseur 42) Granit 571k à 735k *Ciment de grappier Lafarge — 1000k*	Pression maxima : 27k *Méry* »	1° 6 voûtes transversales, en plein cintre de 3m, sur piles de 1m50 2°
sur le **Palmgraben** *Autriche* 1904-1905 Â[1] Fr (> 40m) 8	*83m 60* 0 28m	4m 55 *4m 50* Fruit $\frac{1}{20}$ 1m40	Arc de cercle **49m,00** *14m 14* $\frac{1}{3,393}$ = 0,295 *28m*	**1m,70** *2m 70*	1m,70 *2m 70*	Bandeaux et Douelle : PT[1] Retombées en granit, le reste en grès. Queutage : MOV[1] *Ciment 150k*	Pression maxima : 28k Surcharge : Machines / Tenders / Wagons Poids en T : 80T / 39T / 22T Longr entre tampons : 10m6 / 6m / 6m Essieux : Nombre : 5 / 3 / 2 Ecartement : 1m4 / 1m5 / 3m Poids : 16T / 13T / 11T *Circulaire du Ministère des Chemins de fer 28 août 1904*	1° 8 voûtes transversales, en plein cintre de 3m, sur piles de 1m20 2°
sur le **Schalchgraben** *Autriche* 1904-1905 Â[1] Fr (> 40m) 9	*94m 00* 10mm2 30m	3m 00 *1m 50* Fruit $\frac{1}{20}$ 1m40	Arc de cercle **52m,00** *15m 033* $\frac{1}{3,458}$ = 0,289 *30m*	**1m,70** *2m 70*	1m,70 *2m 70*	PT[1] Granit *Ciment Portland* *0mc 333*	Pression maxima : avec surch. / sans surch. Clef : 19k8 / 19k4 Retomb. : 27k9 / 22k7 Surcharge : Comme au Pont sur le Palmgraben Â[1] Fr (> 40m) 8	1° 4 voûtes transversales, en plein cintre de 3m20, sur piles de 1m20 2°

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, p. II, n° 6.

VOIE NORMALE SÉRIE $\hat{A}^1$ Fr (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (*Suite*)

FONDATIONS *…ature du sol* Profondeur …ous l'étiage Pressions sur le sol 1 kg 0m01² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER **Q** DÉPENSE **D** Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rocher Pression moyenne : 9k8	Retroussé sur 11m environ » Boites à sable	**5** *26cm* 1m39	282mc 4000k 12740f	1mc03 14k6 46f6	A pleine épaisseur. 4 attaques : 2 aux retombées, 2 au-dessus du milieu de la montée	» *12 jours* »		Q = 1648mc Q : S_p = 4mc94 Q : W = 0mc31 Q : W' = 0mc46 [5] **D = 93 429f** D : S_p = 280f6 D : W = 17f8 D : W' = 26f1 D : Q = 56f7
Rocher Pression maxima : 14k2 *…puisements*	Fixe *Sapin* Boites à sable	**4** *30cm* 1m35 *au cerveau : 70mm* *aux reins : 50mm*	les 4 fermes 362mc pièces communes 122mc 484mc 8046k 38649f	 1mc31 21k7 104f2	A partir de 60° de la clef : 2 rouleaux, 4 tronçons par rouleau	» *79 jours* 30 janvier	t_c cerveau : 90mm reins : 60mm t'_v = 0	**D = 712 775f** D : S_p = 827f1 D : W = 46f5
Éboulis compacts …nglomerat) » *A sec* *Beton …me en bas)*	Fixe » Billots Zuffer	**5** *Etage supérieur 21cm* *Etages infér. Bois ronds de 21c à 27c* 1m50 *130mm*	» » 14700f	» » 35		Voûte nue » 20 août	t'_v = 3mm	Q = 3000mc Q : S_p = 7mc88 Q : W = 0mc48 Fondations / Élévation / Ensemble D : 15750f / 204750f / 220500f D : S_p : 41f4 / 538f2 / 579f6 D : W : 2f5 / 32f7 / 35f2 D : Q : » / » / 73f5
Eboulis compacts …nglomerat) Pression moyenne : 3k5 *A sec* *(Beton …e en bas)*	Fixe » Billots Zuffer	**5** *Etage supérieur 17c à 22c* *Etages infer Bois ronds de 18c à 27c* 1m50 *150mm*	» » 31500f	» » 80f8	3 rouleaux Moellons posés à sec, puis joints de 16mm matés	Maçonnerie montée jusqu'aux retombées des voûtes d'élégissement » »	t_c = 110mm t'_v = 7mm	Q = 3300mc Q : S_p = 7mc02 Q : W = 0mc40 Fondations / Élévation / Ensemble D : 21000 / 228900f / 249900f D : S_p : 44f7 / 487f0 / 531f7 D : W : 2f6 / 27f9 / 30f5 D : Q : » / » / 75f7

…ur le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. 111, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *B*.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole 1	PROJET — ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage 2	Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados 3	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayon* 4	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Retombées* 5	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Retombées* 6	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment* 7	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées 8	1° ÉVIDEMEN[TS] DES TYMPAN[S] 2° *DÉCORATIO[N] DES TÊT[ES]* 9
sur le **Rothweinbach** *Autriche* 1904–1906 Â[1] Fr (– 40m) 10	*65^m00* 0 33^m	4^m50 *4^m50* Fruit $\frac{1}{20}$ 1^m10	Arc de cercle $41^m,00$ *15^m32* $\frac{1}{2,676} = 0,374$ *21^m376*	$1^m,40$ *$2^m,10$*	$1^m,40$ *2^m10*	Bandeaux à bossages Douelle plate de même épaisseur d'assise que les bandeaux Calcaire grossièrement assisé *Ciment 1* *Sable 3* *(en poids)*	Pression maxima : 30^k Surcharge : Comme au Pont sur le Palmgraben Â[1] Fr (– 40m) 8	1° 6 voûtes transvers[ales] vues, en plein cin[tre] de 3^m00 sur piles de 1^m20 2° »
d' **Escot** *France* 1907–1909 Â[1] Fr (– 40m) 11	*146^m77* *(moyenne)* 15mm RG RD 23^m82	4^m50 *3^m87* Fruit $\frac{1}{40}$ 1^m18	Arc de cercle $56^m,00$ *18^m70* $\frac{1}{2,994} = 0,334$ *30^m313*	$1^m,50$ *Rive gauche* *2^m83* *Rive droite* *2^m70*	$1^m,30$ *Rive gauche* *2^m83* *Rive droite* *2^m70*	Bandeaux ; MAV[1] Douelle et Queutage : MEV[1] Calcaire *Ciment de laitier* *600^k*	Pression maxima : Clef : 36^k3 Joint de rupture . 37^k *Méry* 2000^k 1^{m2}	1° 6 voûtes transvers[ales] vues, en plein cintr[e] 3 de 4^m50 [illegible] 3 de 4^m75 [illegible] sur piles [illegible] 0^m91 et [illegible] 2°

1 — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, p. II, n° 6.

VOIE NORMALE — SÉRIE Â¹ F^r (< 40^m)

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

FONDATIONS — *Nature du sol* / Profondeur sous l'étiage / Pressions sur le sol en kg par 0m01² / *Procédé* (10)	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES — Type / *Matière* / Appareils de décintrement (11)	FERMES — Nombre / *Épaisseur* / Écartement d'axe en axe / *Surhaussement* (12)	Cube de bois / Poids de fer / Dépenses — Totaux (13)	Cube de bois / Poids de fer / Dépenses — par mq de douelle [2] (14)	MODE DE CONSTRUCTION (15)	DÉCINTREMENT — État d'avancement du pont / *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* / Date (16)	TASSEMENTS DE LA CLEF — sur cintre t_c / au décintrement t'_v / après t''_v (17)	CUBE DE MAÇONNERIE À MORTIER Q — DÉPENSE D — Totaux et par unité de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4] (18)
Rocher calcaire » *A sec*	Retroussé sur 13m60 » Billots Zuffer	5 22 à 25 » *120mm*			4 tronçons	Piles sur le dos de la grande voûte achevées	t_c = 33mm t'_v = 0	
Rocher calcaire très résistant » Pression maxima : 14k3 *A sec*	Fixe Type Pont de Lavaur Â¹ F^r (< 40^m)[4] » Boîtes à sable	4 25cm 1m50 *35mm*	185mc 5827k 48510f	0mc52 16k3 135f7	2 rouleaux 1er rouleau en 8 tronçons Même méthode qu'au Pont de Lavaur Â¹ F^r (< 40^m)[4]	Plus hautes piles d'élégissement commencées *89 jours* 10 octobre	t_c = 40mm t'_v = 0	Q = 3352mc Q : S_p = 5mc07 Q : W = 0mc34 D = 208 014f Garde-corps non compris. Décompte non réglé. D : S_p = 31f9 D : W = 21f3 D : Q = 62f1

[2] Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *A*. [3] S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
[4] W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. [5] W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $\widehat{A}^1 F^r (> 40^m)$

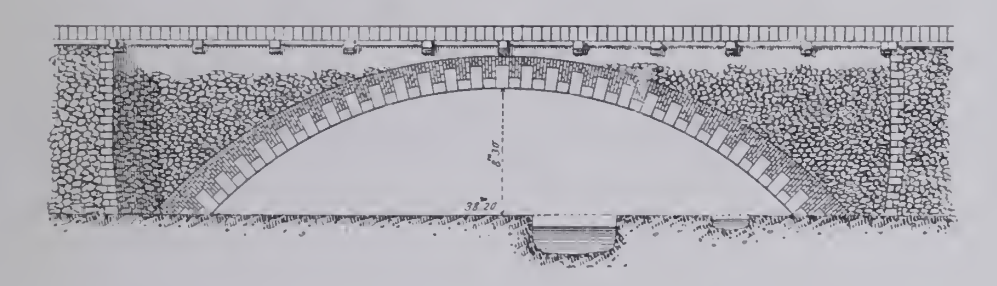
MONOGRAPHIES

PONT SUR LE RUISSEAU DE LA RŒDER[1] PRÈS DE KLEINWOLMSDORF *(SAXE)*

Chemin de fer de Saxe-Silésie[2] (Dresde à Gorlitz)

1844-1845 $\widehat{A}^1 F^r (> 40^m) 1$

f_1 — Élévation — 2^{mm} (S_2)



1. Ce qu'on observait en 1908. — La portée, mesurée au niveau du sol, est de 38^m20. La voûte se continue au-dessous.[3]

1. — Affluent de la Grande Rœder.

2. — A 22^{km} environ de Dresde, à 2^{km} environ après la station de Radeberg.

3. — Dans son Traite : *Construction de Viaducs, Ponts-aqueducs, Ponts et Ponceaux en maçonnerie*, Paris 1852, Statistique p. 294-295, n° 260, Toni Fontenay donne, avec la date d'exécution, 1844-1845, les dimensions suivantes : ouverture 45^m32 — montée 15^m10 — rayon 24^m42 — épaisseur à la clef 1^m70. Il spécifie : « *Le rocher sert de culées. — La voûte est en pierre de taille.* »

L'ouverture de 45^m32 est indiquée également par Heinzerling, *Die Brücken der Gegenwart. — Steinerne Brücken*, — Heft II, page 36.

Celle de 160 pieds est donnée dans l'*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens in technischer Beziehung*, Jahrgang 1848, oder 3 Band, — Wiesbaden 1848. — On lit p. 188 :

Notizen über die grössern Brücken auf der Sächsisch-Schlesischen Eisenbahn.

« *Die beiden Brücken über die Röder, unfern Kl. Wolmsdorf, deren eine, vom Baumeister O. B.*
« *Günther in Dresden construirt, einen 80 Ellen oder 160' weit gespannten Gewölbbogen bildet und*
« *beiderseits auf Felsen gegründet ist ;......* »

La planche XVIII, fig. 9, indique un arc à culées perdues dans le sol. Il est encadré par deux tours qui n'existent plus ou n'ont jamais existé.

Sur place, on ne voit pas du tout pourquoi on a fait cette grande voûte par-dessus une prairie et un petit ruisseau.

Φ_1 (S_1)

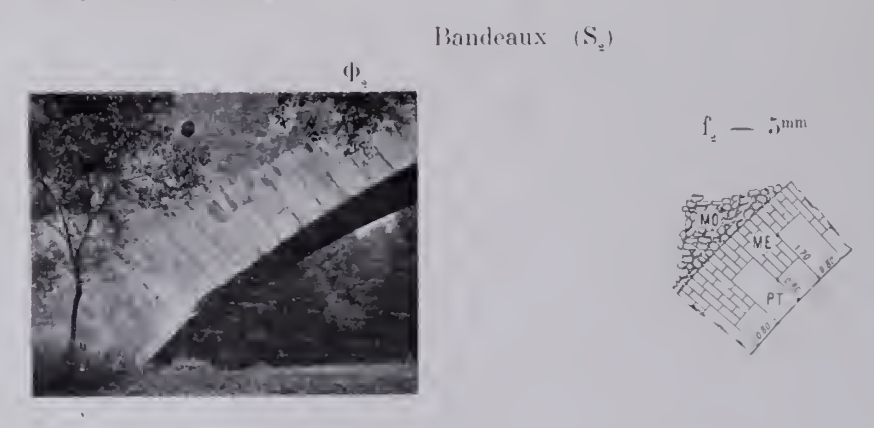


Il y a en douelle de nombreuses fissures parallèles aux têtes. Quelques voussoirs de tête sont fendus.

Bandeaux (S_2)

Φ_2

f_2 — 5^{mm}



Les tympans sont en maçonnerie ordinaire, puis en briques.
Ils sont reliés par des tirants.
Un toit métallique met l'ouvrage à l'abri de la pluie.

SOURCES :

S_1. — Ce que j'ai vu — août 1908.

S_2. — Photographie et croquis relevés par M. Poinçot, Ingénieur de la Compagnie P. L. M. — août 1908.

Je n'ai pu obtenir d'autres renseignements.

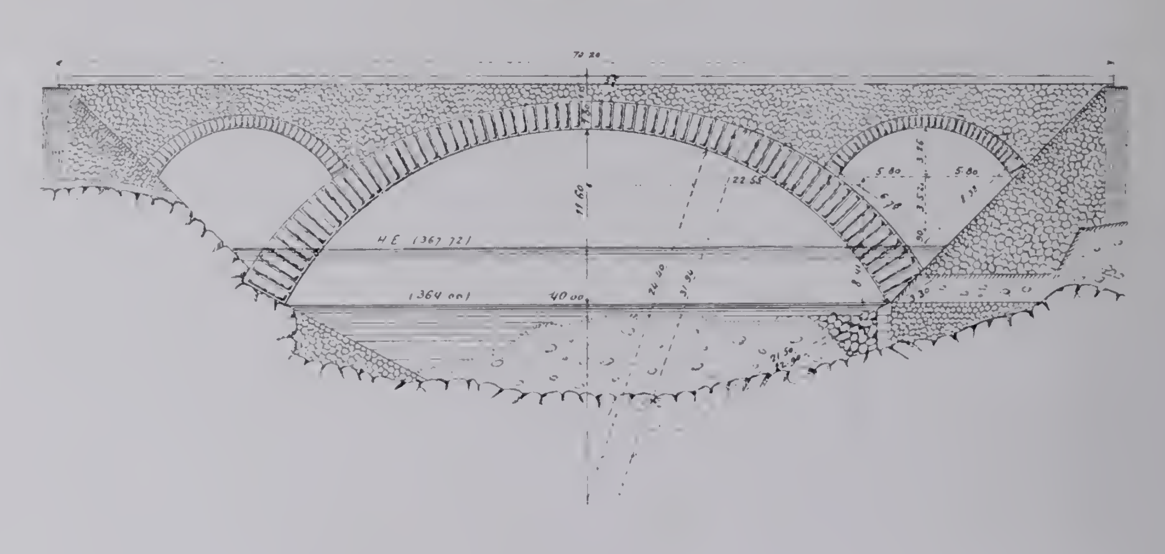
Les croquis ont été relevés sur place et complétés d'après les photographies

PONT DE BERDOULET SUR L'ARIÈGE *(ARIÈGE)*

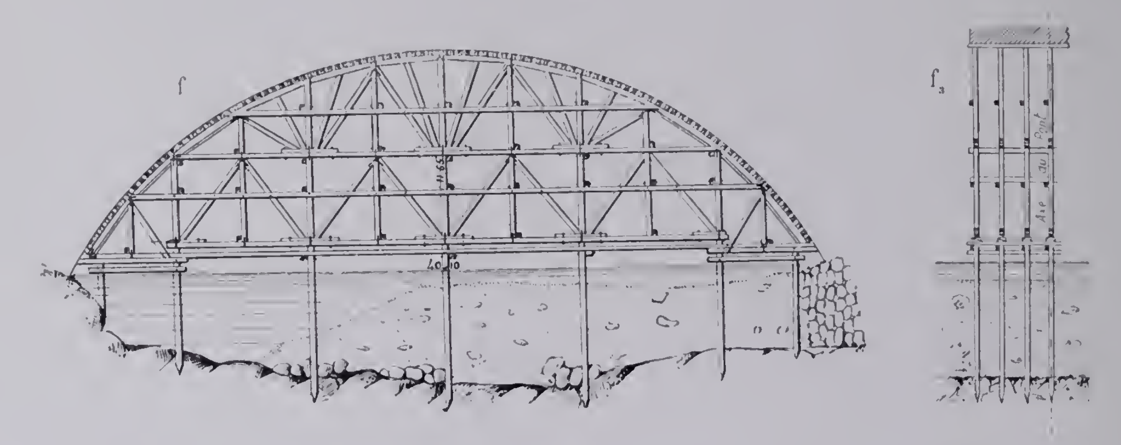
Ligne de Toulouse à Foix[1]

1860-1861 $\widehat{\mathbf{A}}^{1}$ F^{r} $(\geqslant 40^{m})$[2]

f_1 — Élévation — 2^{mm}



Cintre — $2^{mm}5$



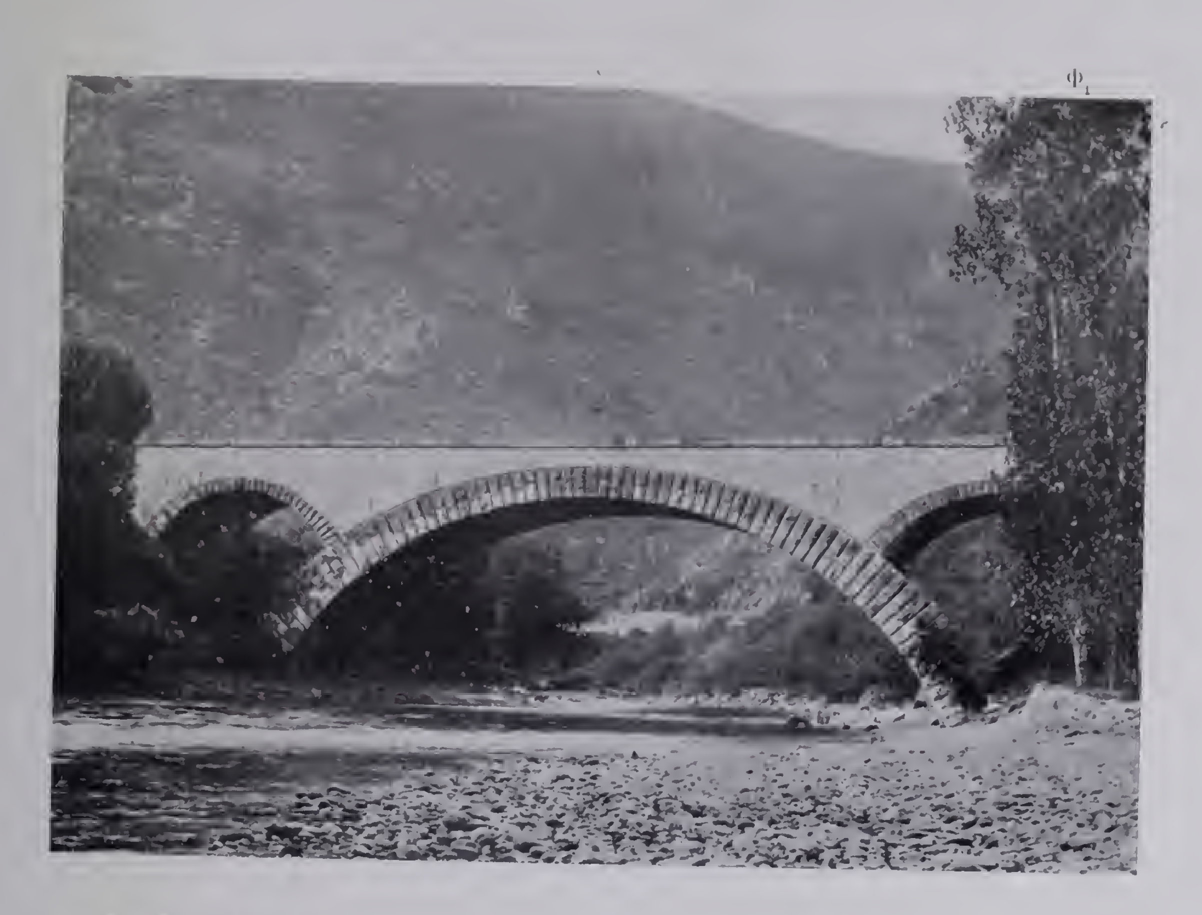
1. Exécution de la voûte. — On a construit d'abord les bandeaux sur toute leur épaisseur (en 3 assises aux reins, puis en 2). Il s'y est ouvert deux fissures, aux naissances et vers l'angle de 27°.

On a fait ensuite le corps de la voûte en 2 rouleaux, le 1er avec un seul cours de libages de $0^{m}90$ à $1^{m}10$ de queue, $0^{m}70$ d'épaisseur, tous posés sur cales en bois.

1. — Entre la halte de Saint-Jean-de-Verges et Foix.

En un jour et demi, on coula, puis on ficha dans les joints du mortier de ciment.

Aussitôt après, on fit le queutage, en moellons ordinaires lités et mortier de ciment.



Φ_1

2. Personnel.

Ingénieur en chef : M. Saige.
Chef de section : M. Lafond.
Entrepreneurs : MM. Langlade et Rivayrol — M. Castaing.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution. — Quelques renseignements communiqués par M. Rivayrol.

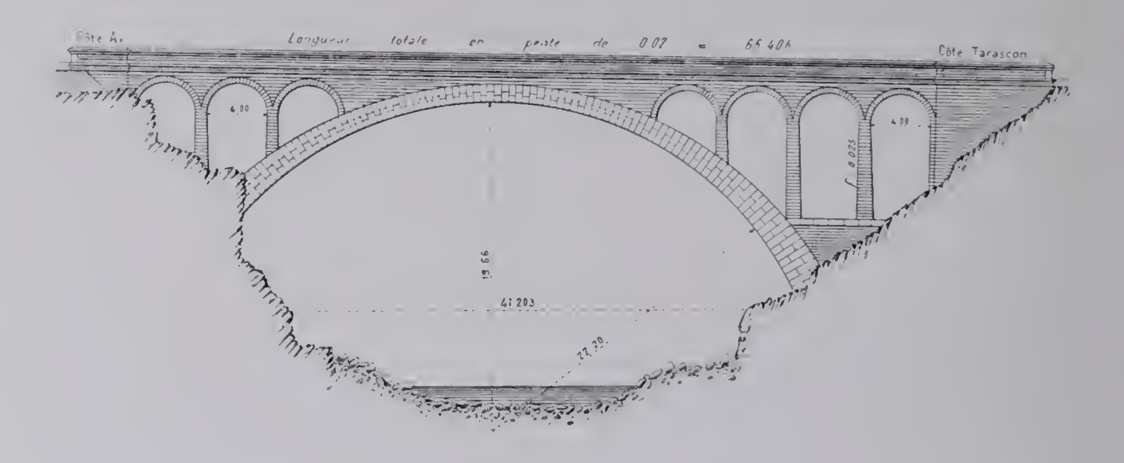
S_2. — Renseignements qu'a bien voulu me donner, en avril 1908, M. Eydoux, Ingénieur de la Compagnie du Midi. — Ils sont au tableau synoptique p. 116, 117.

PONT DU CASTELET, SUR L'ARIÈGE *(ARIÈGE)*

Ligne de Tarascon-sur-Ariège à Ax-les-Thermes[1]

1882-1883 $\widehat{\mathrm{A}}^1$ $\mathrm{F^r}$ ($\geq 40^{m}$)3

f_1 — Élévation aval — 2^{mm}



1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — On a fait une grande voûte, parce que le tracé coupe sous un angle de 53° la rivière, qui coule là, très rapide, entre des rochers à pic, dans un lit encombré de blocs sur une profondeur indéfinie.

Elle retombe des deux côtés sur le rocher (micaschiste très dur).

2. Appareil. — Les retombées des piles sont fixées aux crossettes, qui débordent la grande voûte, par des goujons en fer de 35^{mm}, scellés au plomb sur 12^{cm} (f_6).

Le matage du plomb inquiète le mortier, et les trous de scellement diminuent la surface portante : tout compte fait, ce n'est pas à conseiller ; je ne l'ai pas fait ailleurs.

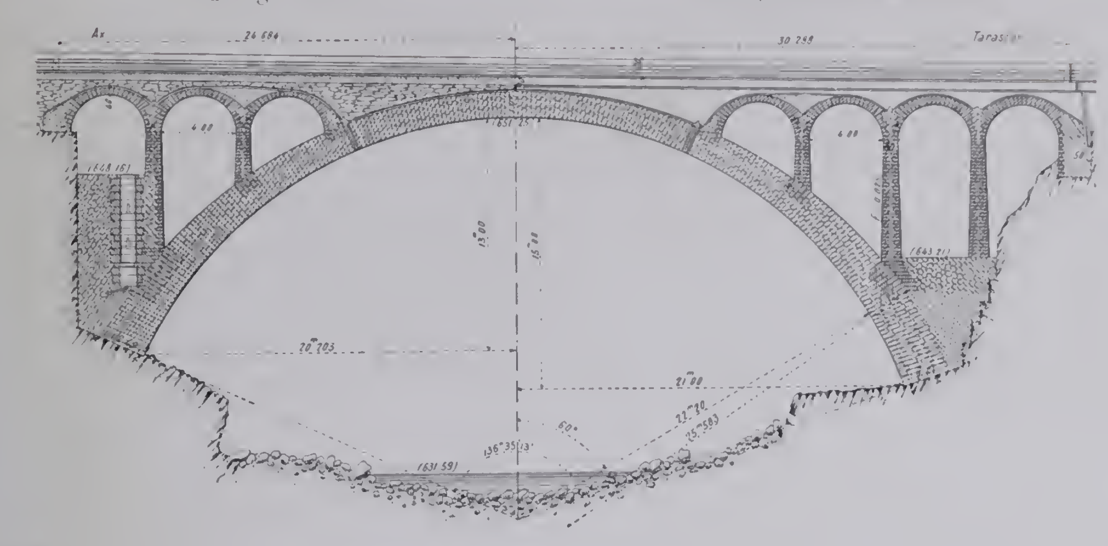
Les assises des tympans, horizontales jusqu'aux naissances des petites voûtes, atteignent sous la plinthe la pente de l'ouvrage.

1. — A 4^{km} d'Ax.

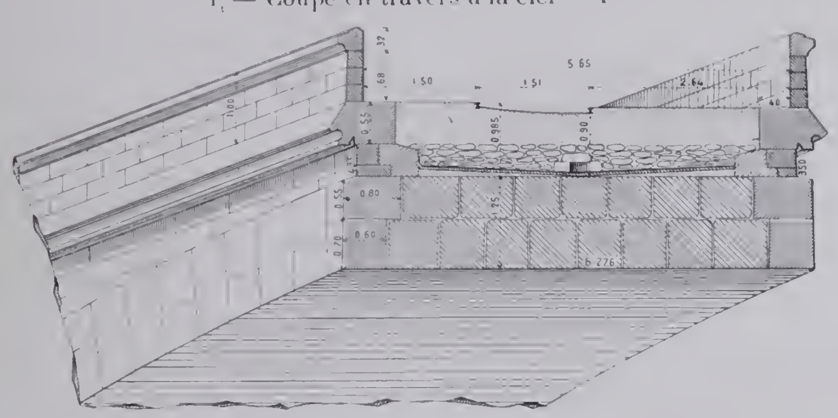


f₂ — Coupe en long — 2mm5

l'ouvrage terminé — les maçonneries découvertes

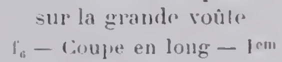


f₁ — Coupe en travers à la clef — 1cm



Appareil des bandeaux — 1cm

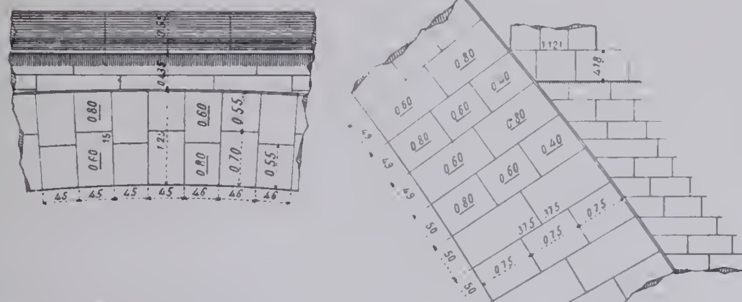
f₄ — Cerveau



f₅ — Retombées

Retombées des piles sur la grande voûte

f₆ — Coupe en long — 1cm



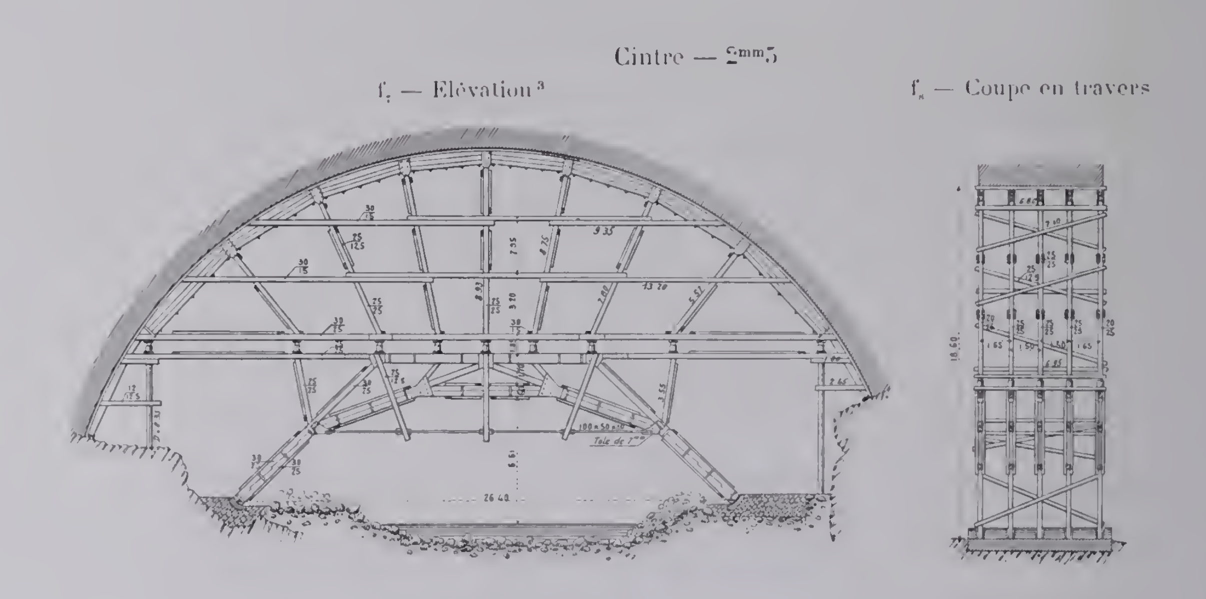
On a souligné les queues des voussoirs.

3. **Cintre** (f_7, f_8). — L'éventail supérieur est porté par un chevalement retroussé, constitué par deux arbalétriers doubles ; leur écartement est maintenu par un fer cornière de $\frac{100 \times 50}{10}$ [2].

Ils reposent librement à leur about, par l'intermédiaire d'une feuille de plomb de 10mm, sur des sommiers en chêne encastrés dans des appuis maçonnés.

Cintre — 2mm5

f_7 — Élévation [3] f_8 — Coupe en travers



Le cintre était attaché aux berges par des câbles d'acier.

Les boîtes à sable étaient logées dans des caisses en bois remplies de ciment. Cette précaution a été peu efficace : le ciment n'adhère pas au bois et a du retrait. Quelques boîtes étaient gelées au moment du décintrement.

4. **Exécution de la grande voûte**. — Elle a été construite en deux rouleaux au-dessus du joint à 60°.

A. - 1er Rouleau.

A1. - Épaisseur :

de 60° à 40° .... 1m (maxima)
de 40° à 20° .... 0m75 (moyenne)
de 20° à la clef .... 0m50 (minima)

Aux têtes, il ne comportait qu'un seul rang de voussoirs.

2. — On ne pouvait pas le tendre : à d'autres cintres, j'ai employé plus tard, d'abord des tirants filetés, puis des câbles.

3. — Ce type de cintre a été appliqué depuis à un pont en arc de 35m de portée sur la Vésubie (1894) et, légèrement modifié, à un pont-aqueduc sur l'Hérault, pour le canal de Gignac (arc de 38m20) (1890).

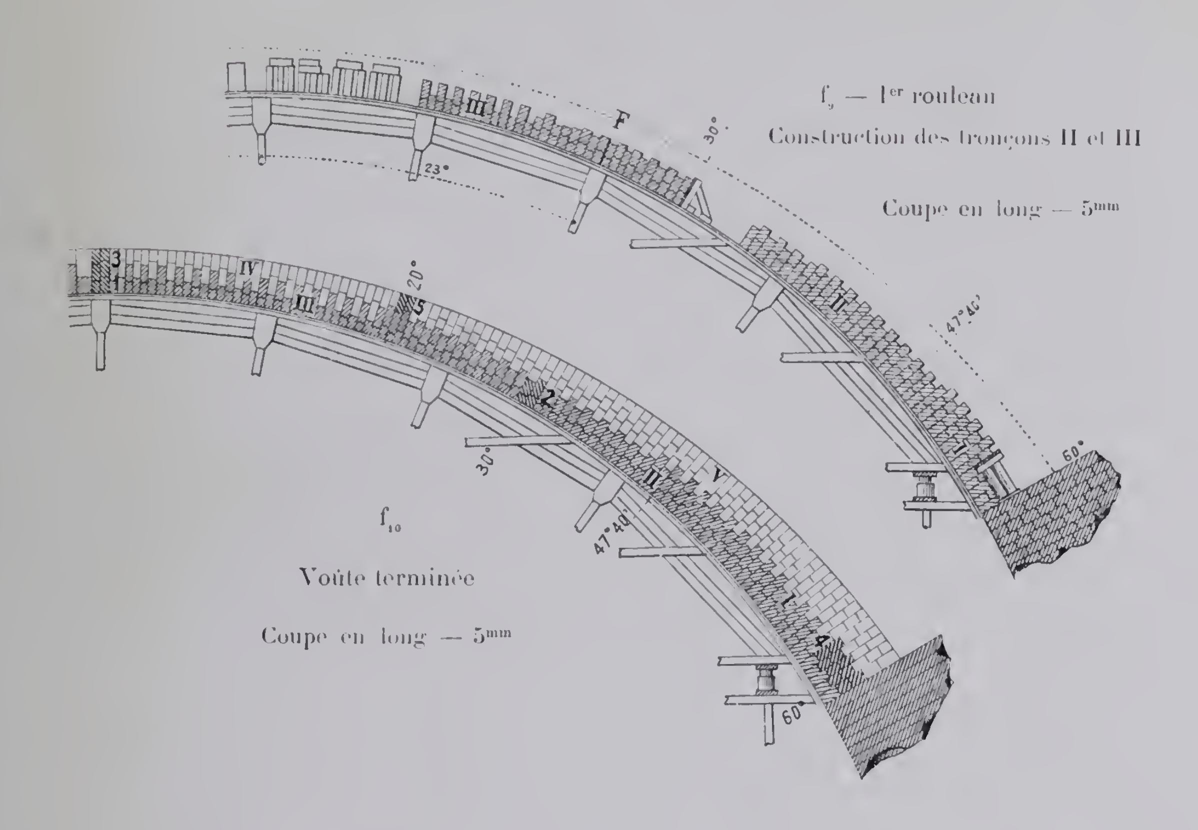


Cliché de M. Terpereau, photographe à Bordeaux.

A_2 – *Division en tronçons* (f_9). Il a été exécuté en 6 tronçons :

de 60° à 47°40'.. tronçons I et I'
de 47°40' à 30°.. tronçons II et II'
de 30° à la clef.. tronçons III et III'

On posa à sec les trois premiers voussoirs de tête et les cinq premières files de moellons de douelle des tronçons I et I' : à l'intrados, sur bandes de plomb de 50^{mm} de largeur, 12^{mm} (tête) et 15^{mm} (douelle) d'épaisseur ; à l'extrados, sur cales de chêne à la demande des pierres ; derrière, un coffrage en charpente, bourré de sacs de sable, soutenait la maçonnerie supérieure.



A_3 – *Ordre d'exécution des tronçons.* — On acheva les tronçons I et I', puis on chargea le cerveau de la moitié du poids des tronçons III et III'. On attaqua en même temps les tronçons II, II' et, sur taquets, III et III'.

Quand III et III' arrivèrent à 13° de la clef, il se produisit une fissure de 1/4 de $^m/_m$ et 14^{cm} de profondeur, sur toute la largeur de l'extrados, en F (f_9), au droit des contrefiches à 23°, parce qu'on n'avait pas ménagé, là, de joint sec.

L'épaisseur n'étant en ces points que de 0^m75, la fissure a pu être très convenablement bourrée.

On clava à la clef, puis à 30°, enfin à 60°, seulement après exécution des tronçons IV et IV' du 2e rouleau.

B. - 2e Rouleau. — Il fut exécuté en 4 tronçons :

de 20° à la clef, tronçons IV et IV', clavés à la clef deux jours avant le clavage à 60° du premier rouleau.

de 60° à 20°, tronçons V et V'.

Les 8 clavages furent faits avec du mortier pulvérulent vigoureusement maté.

C. - Tassement, à la clef, du cintre (surhaussé de 70^{mm}).

au moment du clavage du 1er rouleau.......... 35^{mm}

après le dernier clavage du 1er rouleau.......... 53^{mm}

Il n'a plus augmenté pendant la construction du 2e.

5. Décintrement.

— La voûte a été décintrée le 26 janvier 1883 (60 jours d'hiver après le dernier clavage), par un temps couvert et froid.

Voici les tassements observés :	Côté Tarascon	Côté Ax
à la clef..........	2^{mm}02	
à 11°13'..........	1^{mm}4	1^{mm}6
à 24°10'..........	0^{mm}25	0^{mm}55
à 37°46'..........	− 0^{mm}32	− 0^{mm}15
	(légère tendance au relèvement)	

Entre 24°10' et 37°46', il y aurait un point de l'intrados qui n'a pas bougé.

En supposant les tassements proportionnels à la distance angulaire à la clef, le point mort serait :

côté Tarascon, vers 30° ;

côté Ax, vers 35°.

Après décintrement, le cintre (retroussé) s'est relevé à la clef de 18^{mm}5

6. Personnel.

Ingénieurs en chef. — *Projet :* M. Robaglia. — *Exécution :* M. Bauby

Ingénieur ordinaire. — *Projet*[4] *et Exécution :* M. Séjourné.

Chef de section : M. Anglade.

Sous-chef de section : M. Frœnell.

Entrepreneur : M. Alméras.

4. — La Notice de l'Exposition de 1889, p. 748, donne comme auteur du projet un autre Ingénieur ordinaire.

Son projet consistait en un plein cintre de 30^{m} de portée, — en petits matériaux calcaires, — avec tympans évidés par 4 pleins cintres de 7^{m}, — sur cintre fixe fondé sur des massifs de maçonnerie en rivière.

Il a été reconnu inexécutable et, en cours de travaux, on lui a substitué un arc de 41^{m}, — en granit, à gros appareil, — avec tympans évidés par 7 pleins cintres de 4^{m}, — sur cintre retroussé.

Le projet primitif et le projet exécuté n'ont rien de commun.

PONT SUR L'AGOÛT, A LAVAUR (*TARN*)

Ligne de Montauban à Castres

1882-1884 $\widehat{\mathbf{A}}^{1}$ F^{r} (> 40m)4

Φ_{1}^{1} — amont



1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — Les fondations en rivière étaient faciles : on a fait une grande voûte, parce qu'au XVIIIe siècle on a construit, à 200^{m} en amont[2], un très beau pont d'une seule arche[3].

C'est un grand arc à culées perdues dans le tuf. Le sol étanche a permis de fonder sans épuisements.

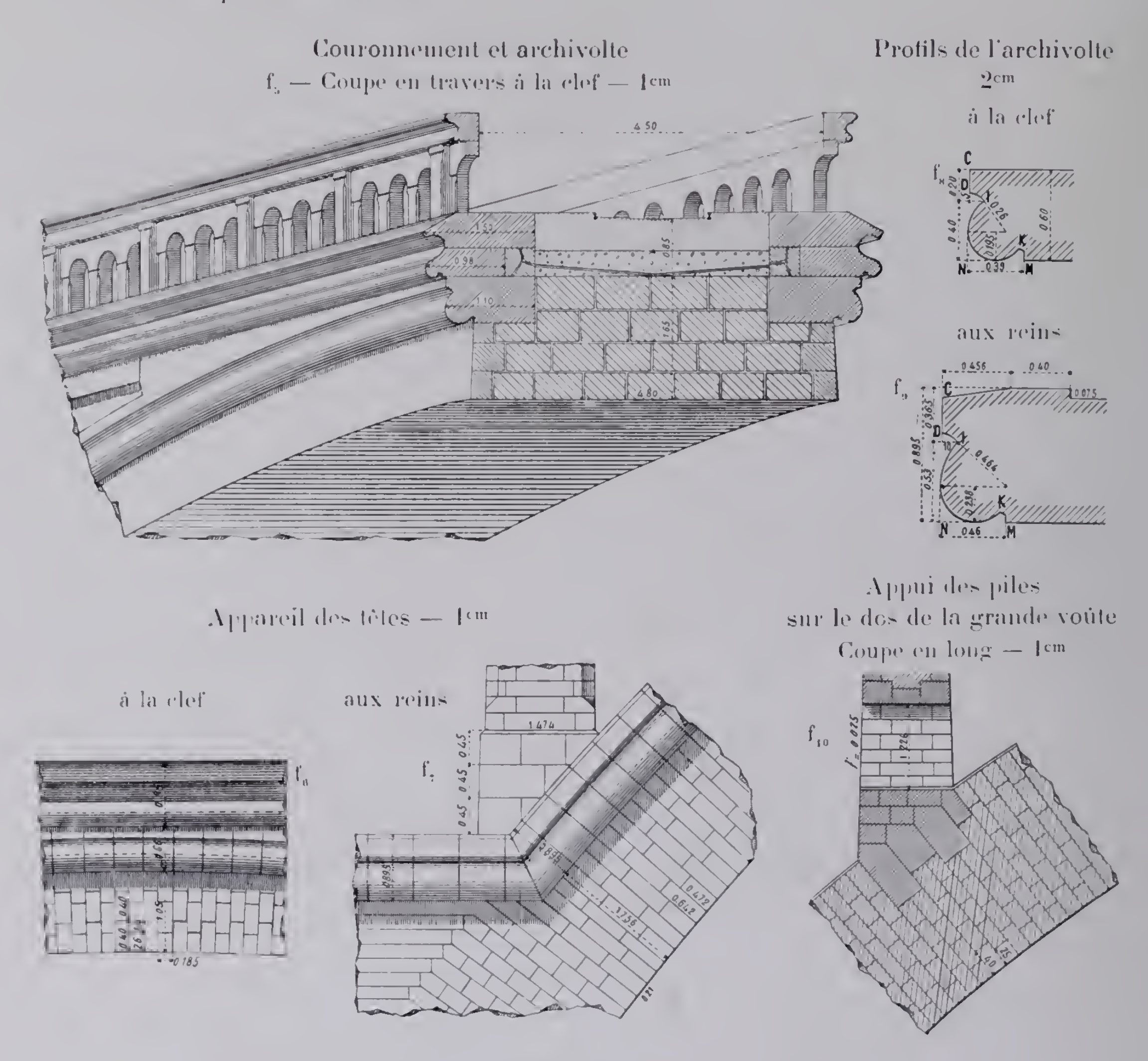
1. — Cliché de M. Terpereau, Photographe à Bordeaux.

2. — Distance entre la tête aval du vieux pont et la tête amont de celui du chemin de fer, qu'a bien voulu relever, sur ma demande, M. Peyre, Sous-Ingenieur à Lavaur.

3. — $\mathbf{E}^{1}$ r^{te} (> 40m)2 — Tome I.

2. Archivolte (Φ_2, f_3 à f_9). — Les bandeaux sont relevés par une archivolte, qui se retourne horizontalement aux reins [4].

Dans les éléments droits CN, NM (f_8, f_9), conservés au Pont Antoinette [5], on a creusé les deux mouchettes I et K, dégagé le tore INK, et obtenu ainsi la belle archivolte des porches romans.



Dans le projet, elle descendait plus bas ; les pilastres étaient en moellons équarris.

La décision l'approuvant a imposé de relever le retour de l'archivolte, et de revêtir les pilastres en gros appareil à refends et bossages.

L'aspect n'y a point gagné.

4. — Disposition indiquée :
aux ponts sur le Lot : d'Espalion (IXe siècle ?), Valentré à Cahors (XIIIe) ;
au porche Nord de la Cathédrale de Cahors, arcatures aveugles sur les reins d'une grande voûte (fin du XIIe).
......

5. — $\widehat{A}^1$ Fr (< 40m)5 — Tome II.

f_1 — Élévation amont — 2ᵐᵐ

Côte Montauban

Côte Castres

f_2 — Coupe en long — 2ᵐᵐ5

MOV

MEV

MO

ME

PT

B

Hautes Eaux

Eaux Moyennes

Étiage

Coupes en travers — 2ᵐᵐ5

à la clef

sur xx de f_2

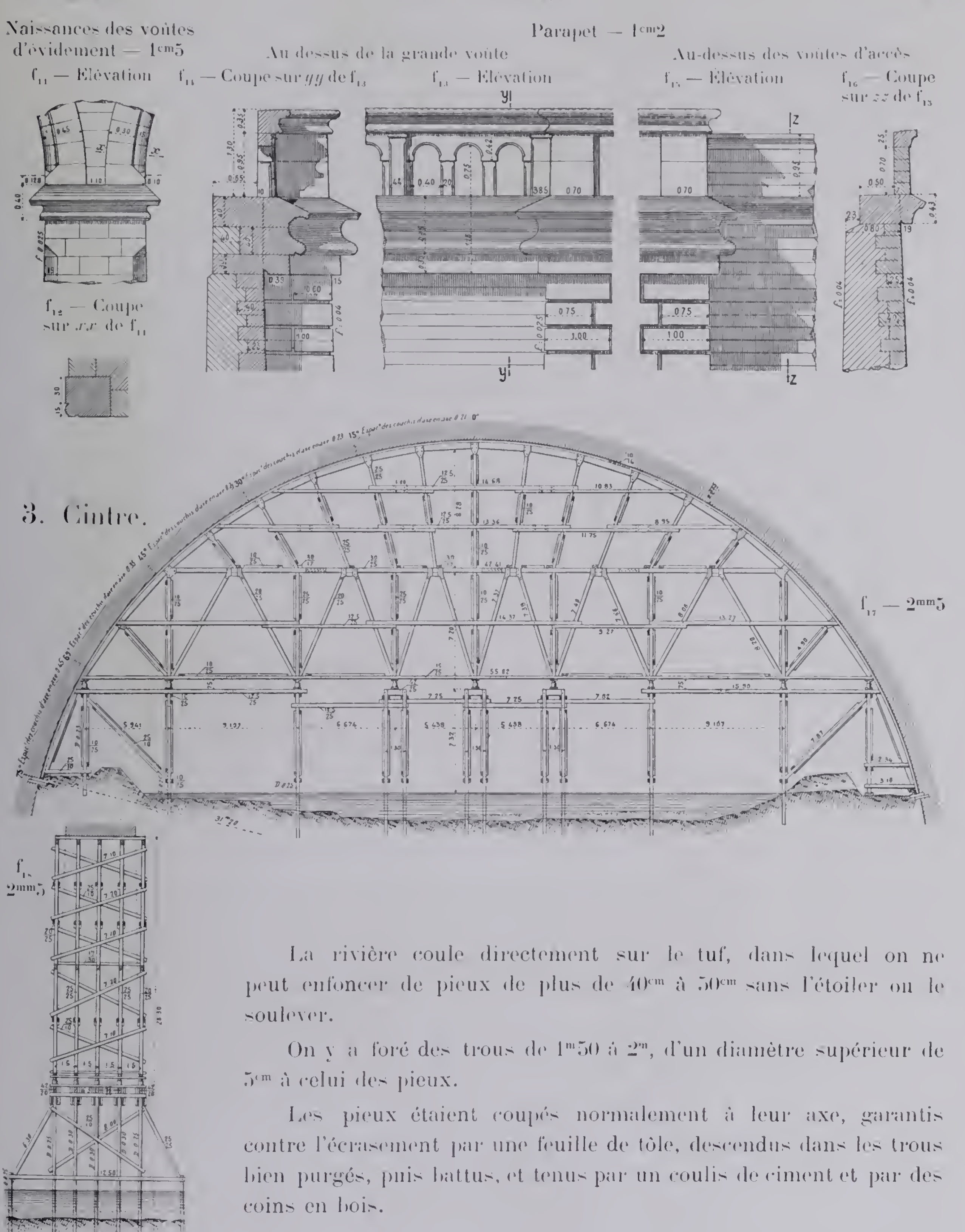
f_3

f_4

Pour le sens des abréviations PT, MEV, ME, MOV, MO, B, voir Avertissement, Tome II, page II, nº 6



Cliché de M. Terpereau, photographe à Bordeaux.



La rivière coule directement sur le tuf, dans lequel on ne peut enfoncer de pieux de plus de 40cm à 50cm sans l'étoiler ou le soulever.

On y a foré des trous de 1m50 à 2m, d'un diamètre supérieur de 5cm à celui des pieux.

Les pieux étaient coupés normalement à leur axe, garantis contre l'écrasement par une feuille de tôle, descendus dans les trous bien purgés, puis battus, et tenus par un coulis de ciment et par des coins en bois.

Le cintre était contreventé par des câbles métalliques attachés aux berges.

Φ_3 [6]



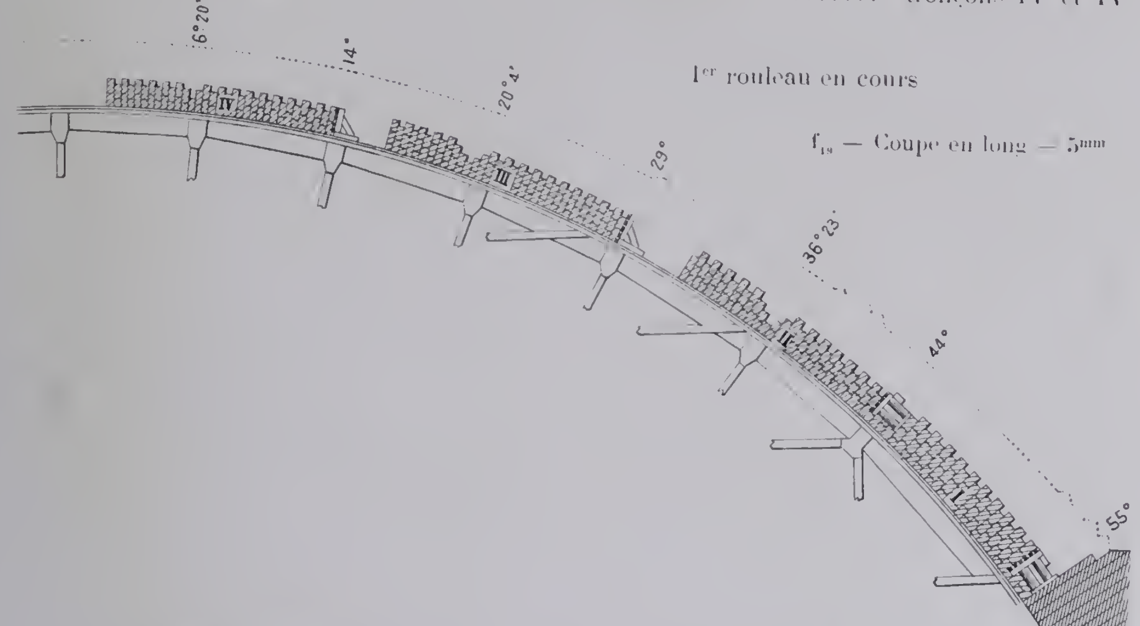
4. Exécution de la grande voûte. — *A. - Division en rouleaux.* — Elle a été construite en trois rouleaux avec les épaisseurs que voici :

	Limites	1er Rouleau — Nombre de moellons en épaisseur par assise	1er Rouleau — Épaisseur maxima	1er Rouleau — Épaisseur minima	2e Rouleau — Nombre de moellons en épaisseur par assise	2e Rouleau — Épaisseur maxima	2e Rouleau — Épaisseur minima	3e Rouleau — Nombre de moellons en épaisseur par assise	3e Rouleau — Épaisseur maxima	3e Rouleau — Épaisseur minima
Corps de la voûte	55° à 44°	3	$1^{m}04$	$0^{m}89$	2	$0^{m}70$	$0^{m}70$		$0^{m}90$	$0^{m}90$
	44° à 29°	3 et 2	$0^{m}95$	$0^{m}80$				3 et 2	$0^{m}84$	$0^{m}63$
	29° à 14°		$0^{m}85$	$0^{m}70$	2 et 1	$0^{m}65$	$0^{m}30$		$0^{m}80$	$0^{m}60$
	14° à la clef	2	$0^{m}75$	$0^{m}60$				1	$0^{m}55$	$0^{m}40$
Bandeaux	de 55° à la clef	2	$1^{m}28$	$1^{m}11$	1	$0^{m}64$	$0^{m}47$	1	$0^{m}895$	$0^{m}895$
			$0^{m}80$	$0^{m}65$		$0^{m}39$	$0^{m}25$		$0^{m}60$	$0^{m}60$
					Achèvement du bandeau jusqu'à l'archivolte			Archivolte		

6. — Cliché de M. Gendre, Photographe à Toulouse.

B. - 1er rouleau. — *B₁. Division en tronçons.* — Par des coffrages à 55° et 44°, des taquets à 29° et 14°, on a divisé le 1er rouleau en 8 tronçons :

de 55° à 44° .... tronçons I et I'
de 44° à 29° .... tronçons II et II'
de 29° à 14° .... tronçons III et III'
de 14° à la clef .... tronçons IV et IV'



1er rouleau en cours

f_{19} — Coupe en long — 5mm

B₂. Ordre d'exécution des tronçons. — Pour tenir le cintre aux reins, on construisit d'abord les tronçons I et I'.

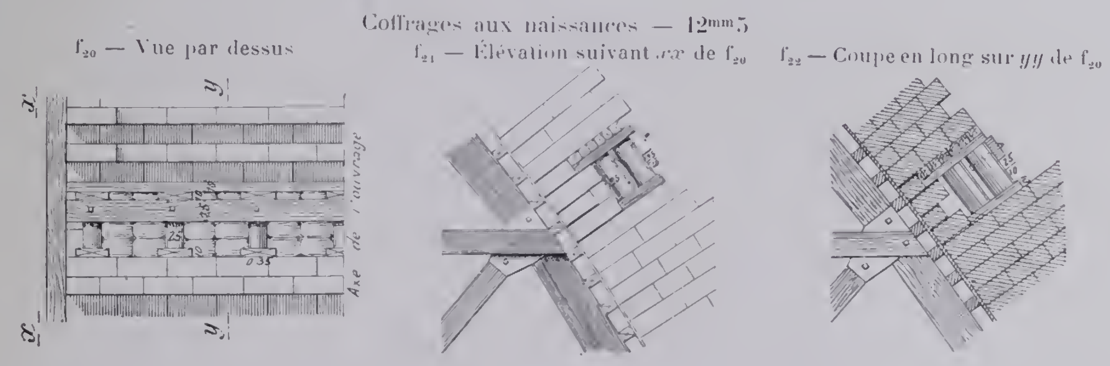
Les 4 premiers voussoirs de tête étaient sur cales de 10mm d'épaisseur, la cale inférieure en plomb de 4cm de hauteur, la supérieure en chêne, de 3cm de hauteur.

Les 4 premières files correspondantes de moellons équarris de douelle s'appuyaient : en bas, sur des bandes de plomb de 15mm d'épaisseur et 4cm de largeur : en haut, sur des coins en chêne à la demande des queues des moellons. Les cales en plomb devant rester dans la maçonnerie étaient élevées par un liteau à 1cm au-dessus du cintre.

Au-dessus des assises à sec, les tronçons I et I' étaient soutenus par un coffrage en charpente (f_{20}, f_{21}, f_{22}).

Coffrages aux naissances — 12mm5

f_{20} — Vue par dessus f_{21} — Élévation suivant *xx* de f_{20} f_{22} — Coupe en long sur *yy* de f_{20}



Le cintre, tenu aux reins par les tronçons I et I', a été chargé au cerveau d'environ 50^{mc} de moellons équarris, répartis sur 22° de chaque côté de l'axe ; puis on attaqua simultanément les 6 tronçons II, II', - III, III', - IV, IV'.

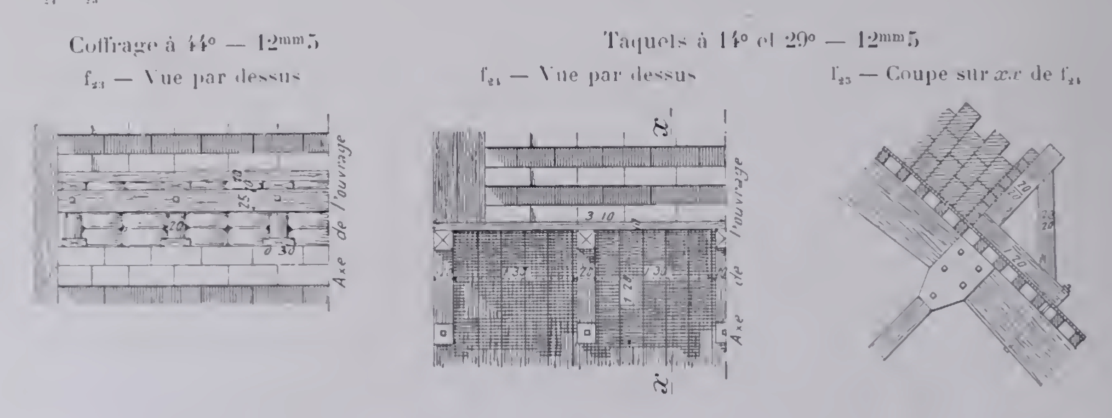
φ_4 [7] — 1er rouleau



Les tronçons II et II' reposent sur des coffrages (f_{43}), comme I et I' ; les autres, sur des taquets placés aux lits les plus voisins de 29° et 14° (mais entre ces angles et la clef), se composant de fermes fixées aux vaux, soutenant un platelage de 10^{cm} (f_{44}, f_{45}).

Coffrage à 44° — $12^{mm}5$ — f_{43} — Vue par dessus

Taquets à 14° et 29° — $12^{mm}5$ — f_{44} — Vue par dessus — f_{45} — Coupe sur xx de f_{44}



7. — Cliché de M. Gendre, Photographe à Toulouse.

Enfin, on a posé sur cales de plomb à l'intrados, de chêne à l'extrados, les assises correspondant aux abouts des vaux, c'est-à-dire celles aux angles de :

6° 20' 20° 4' 36° 23'

formées d'un seul moellon, plein sur toutes ses faces.

La voûte était ainsi articulée aux abouts de tous les vaux, points fixes du cintre.

B_3. Clavages. — On clava d'abord la clef, puis successivement, et n'ayant qu'un chantier à la fois de chaque côté :

les assises à sec à 6° 20' ;
les taquets à 14° ;
les assises à sec à 20° 4' ;
les coffrages à 55° ;
ceux à 44° ;
les assises à sec à 36° 23' ;
enfin, les taquets à 29°.

Aux taquets, on a pu enlever les bois en grand ; aux coffrages, on a procédé par chambres de 1m, en commençant par celles des têtes à 55°, par celle sur l'axe à 44°.

Dans tous ces joints [8], on a maté au refus du mortier pulvérulent [9].

Tous les vieux mortiers étaient repiqués, et les moellons sur cales, lavés à grande eau avec une pompe de jardin. Les eaux de lavage s'écoulaient par des ouvertures ménagées dans le platelage du cintre.

C. – 2e *Rouleau.* — Il a été divisé en 6 tronçons :

de 55° à 43°	tronçons V et V'
de 43° à 18° 17'	tronçons VI et VI'
de 18° 17' à la clef	tronçons VII et VII'

Le premier rouleau, fonctionnant comme cintre, a d'abord été chargé aux reins jusqu'à 43°, avant l'attaque simultanée des tronçons VI, VI', VII, VII'.

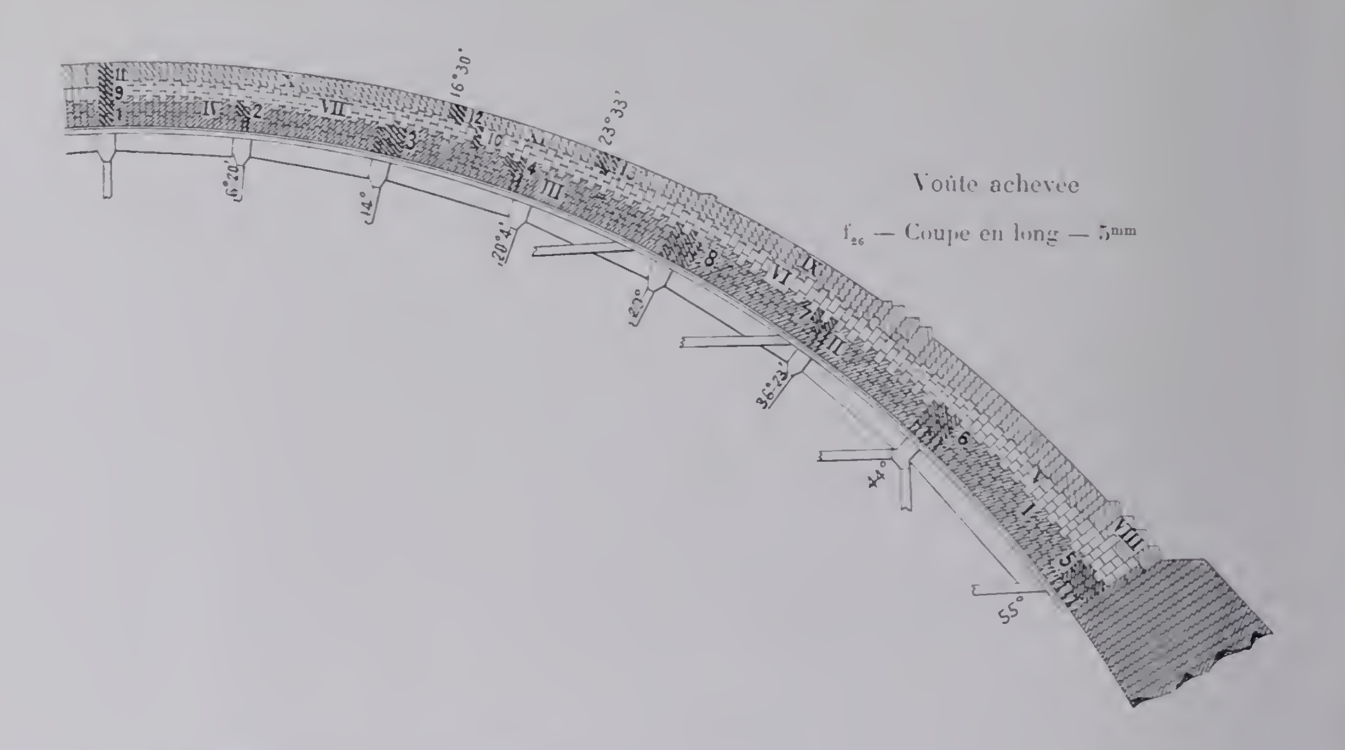
8. — A l'extrados de tous les joints secs, on avait bourré de l'étoupe pour les maintenir propres pendant la construction.

9. — Par sac de 50kg et 77 litres de sable, on mettait en moyenne :
pour du sable sec.................. 10 litres à 11 litres d'eau.
pour du sable humide.............. 9 litres
Pour du mortier ordinaire, les quantités étaient..... 16 litres, 12 à 13 litres.

D. - 3ᵉ Rouleau. — On devait d'abord l'exécuter comme une voûte ordinaire en deux attaques.

On le commença ainsi le 12 novembre. La mauvaise saison approchant, on fit, à partir du 24 novembre, deux nouvelles attaques, aux angles de 16° 30'.

Du 5 au 12 décembre, interruptions par les gelées ; le 9, le thermomètre descend à −12° ; les maçonneries sont protégées par des paillassons, des sacs, des bâches ; les joints de l'archivolte, bourrés d'étoupe. On construit des abris contre la neige ; on reprend le 12, quand le thermomètre est au-dessus de −1°.



La clef est clavée le 16 décembre.

Les tronçons IX et IX' étant alors seulement aux angles de 25° 53', on fait deux nouvelles attaques aux angles de 23° 38' : tronçons XI et XI' clavés le 20 décembre.

Le dernier clavage eut lieu, à l'angle de 23° 38', le 24 décembre.

E. - Tassements, à la clef, du cintre.

Pendant la construction du 1ᵉʳ rouleau :	Tête amont	Tête aval
à la fin du chargement	5mm 4	2mm
au moment du clavage à la clef	12mm	11mm
total après le dernier clavage	20mm 7	16mm 75
	moyenne : 18mm 7	

Il n'a plus augmenté après.

5. Décintrement. — Le pont a été décintré le 7 mai 1884, 135 jours après le dernier clavage, par un temps clair et chaud.

Ph.[10] État du Pont au décintrement



Voici les tassements observés :

	Côté Montauban	Côté Castres
à la clef	0mm 62	
à 18° 40'	0mm 34	0mm 34
à 34° 07'	0mm 21	0mm 29
à 43° 30'	0mm 15	0mm 29

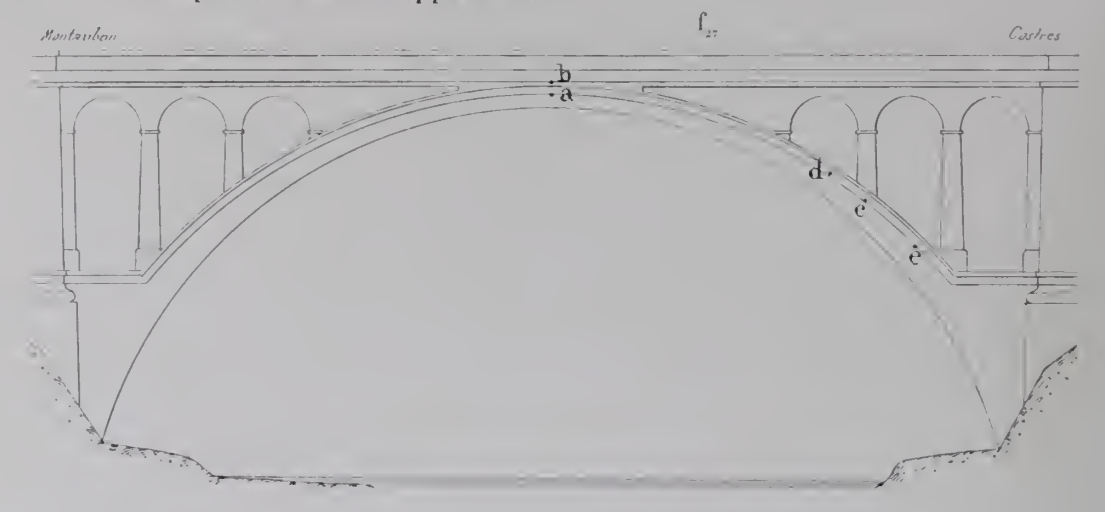
Ces tassements sont des maxima observés à 2 ou 3 descentes après le détachement du cintre. Ils ont ensuite diminué : à la fin du décintrement, il n'y avait plus à la clef que 0mm 49.

6. Mouvements au passage des trains (observations faites en juillet 1899[11] avec les appareils enregistreurs de M. Rabut).

10. — Cliché de M. Gendre, Photographe à Toulouse.

11. — par M. M. Lannusse, aujourd'hui Ingénieur des Ponts et Chaussées et Chausse, Conducteur principal.

A. – *Emplacement des appareils*



B. – *Mouvements observés.*

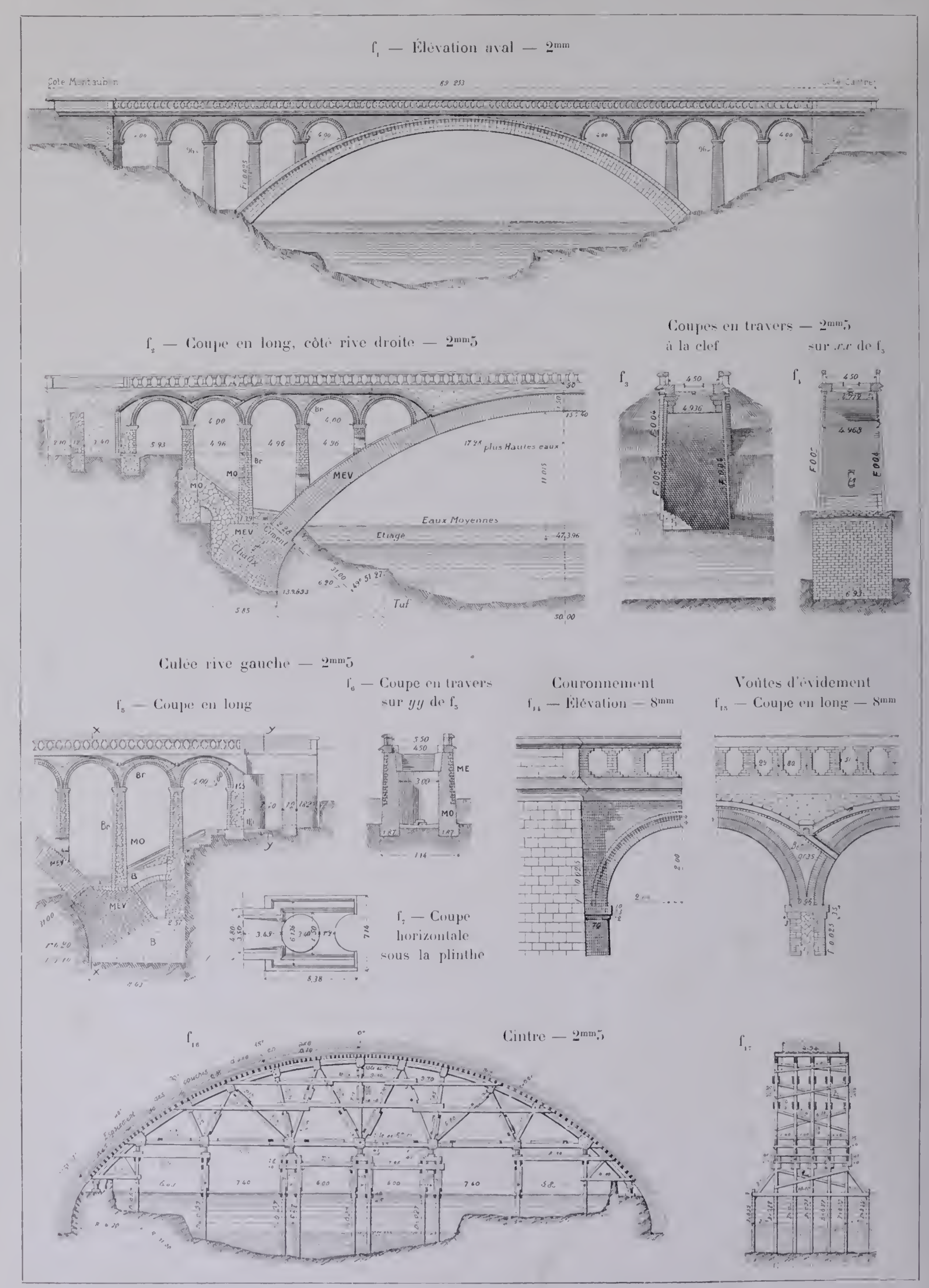
Dates Juillet 1899	Mouvements verticaux en dixièmes de millimètres aux points de f_{27} — *a* ↓	*b* ↓	*c* ↓	*c* ↑	*d* ↓	*d* ↑	*e* ↓	*e* ↑	Train — Direction (f_{27})	Train — Voyageurs V ou Marchandises M	Train — Poids de la machine en tonnes
16	4.2	5.0	»	»	»	»	»	»	→	M	37 5
	5.0	»	»	»	»	»	»	»	←	V	40
17	6.2	5.0	»	»	»	»	»	»	→	V	39 5
	7.1	»	2.0	0.2	2.2	0.4	»	»	←	V	39 5
	5.0	»	1.0	»	1.0	0.6	»	»	→	M	37 5
	6.1	»	0.5	»	1.8	»	»	»	←	M	37 5
	5.0	»	»	0.2	2.0	2.0	»	»	→	V	40
	4.8	»	2.0	»	»	»	0.2	1.2	→	M	37 5
	6.5	»	1.2	»	»	»	0.1	»	←	V	40
18	5.7	»	1.2	0.7	»	»	0.5	»	→	V	39 5
	4.5	»	1.5	»	»	»	0.3	»	→	M	37 5
	6.0	»	1.2	0.3	»	»	0.6	»	←	V	39 5
	»	»	0.2	0.2	»	»	»	»	←	M	37 5
	2.5	»	1.6	0.4	»	»	0.9	»	→	V	39 5

7. Personnel.

Ingénieurs en chef. — *Projet :* M. Robaglia. — *Exécution :* M. Bauby.
Ingénieur ordinaire. — *Projet*[12] *et Exécution :* M. Séjourné.
Chef de section : M. Camp, Conducteur des Ponts et Chaussées.
Conducteur adjoint : M. Borrel.

Entrepreneur : M. Rémès.

12. — Dans la Notice de l'Exposition de 1889, il est dit page 735, que le projet a été dressé d'après des études faites antérieurement.
C'est tout-à-fait inexact.


f1 — Élévation aval — 2mm
Côte Montauban
Côte Castres
f2 — Coupe en long, côté rive droite — 2mm5
17.7ε plus Hautes eaux
Eaux Moyennes
Etiage
Tuf
Coupes en travers — 2mm5
à la clef
sur xx de f3
f3
f4
Culée rive gauche — 2mm5
f5 — Coupe en long
f6 — Coupe en travers sur yy de f5
f7 — Coupe horizontale sous la plinthe
Couronnement
f14 — Élévation — 8mm
Voûtes d'évidement
f15 — Coupe en long — 8mm
f16
Cintre — 2mm5
f17

PONT ANTOINETTE SUR L'AGOÛT *(TARN)*

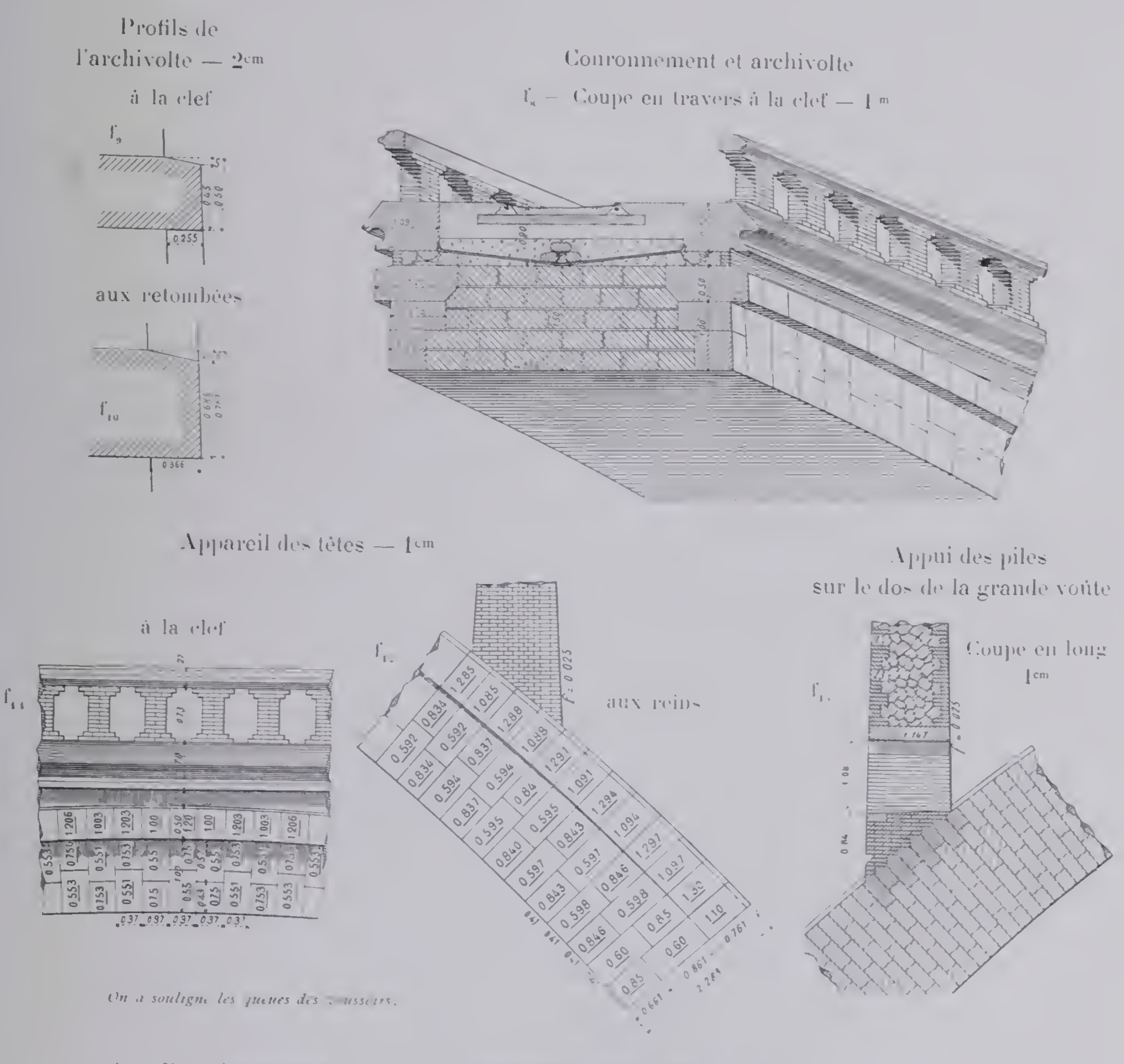
Ligne de Montauban à Castres[1]

1883-1884 $\widehat{\mathbf{A}}^1$ F^r (= 40m)5

1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — Pour fonder en rivière, il aurait fallu descendre à 8^m sous l'eau.

Les berges sont imperméables ; on y a fondé, sans épuisements, les culées perdues d'une grande voûte.

2. Archivolte (f_9 à f_{12}). — Les bandeaux sont relevés par une archivolte qui s'enfonce dans le sol avec l'arc.

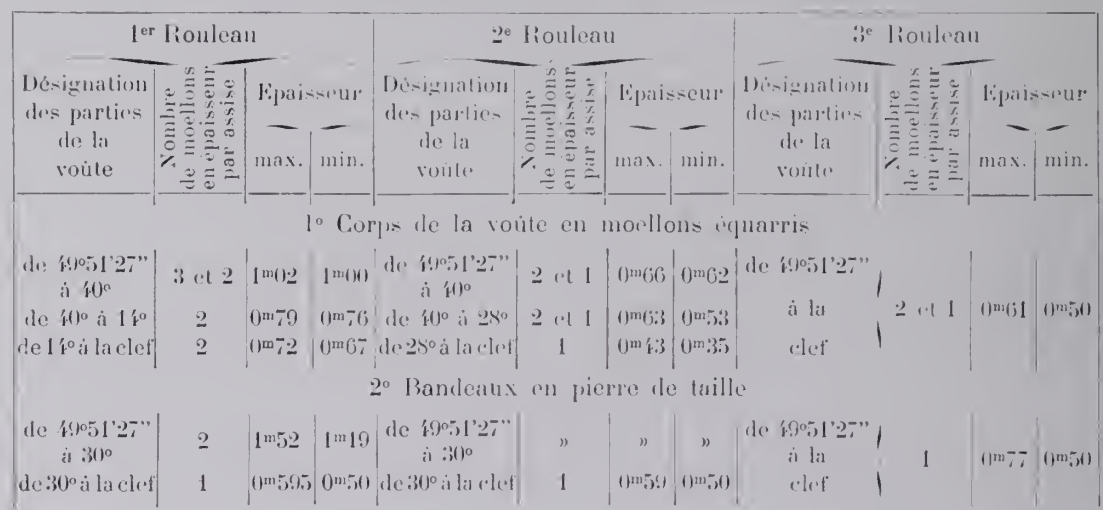


1. — Entre les stations de Vielmur et Semalens, à 1km450 de Semalens.

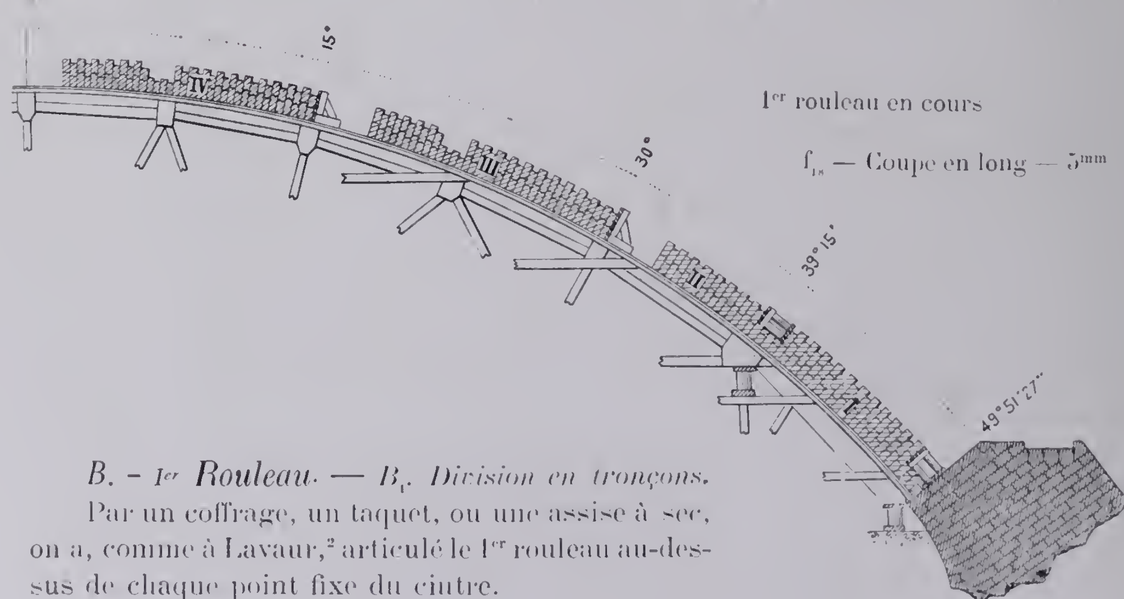
3. Cintre. — *Appui des palées.* — Le tuf était recouvert de gravier menu très mobile qui n'aurait pas tenu les pieux : comme à Lavaur,[2] on y a foré des trous de $1^{m}50$ à 2^{m}, et on y a descendu les pieux coupés normalement à leur axe, et garantis contre l'écrasement par une feuille de tôle. On les tenait par un coulis de ciment et, au besoin, par des coins.

4. Culées. — A la culée Castres, on a rencontré une poche de glaise ; on l'a remplie de béton de ciment, dont les assises supérieures ont été damées par couches normales à la courbe de pression.

5. Exécution de la grande voûte. — *A. - Division en rouleaux.* — Elle a été construite en trois rouleaux ayant les épaisseurs que voici :



1er Rouleau				2e Rouleau				3e Rouleau			
Désignation des parties de la voûte	Nombre de moellons en épaisseur par assise	Epaisseur max.	Epaisseur min.	Désignation des parties de la voûte	Nombre de moellons en épaisseur par assise	Epaisseur max.	Epaisseur min.	Désignation des parties de la voûte	Nombre de moellons en épaisseur par assise	Epaisseur max.	Epaisseur min.
1° Corps de la voûte en moellons équarris											
de 49°51'27" à 40°	3 et 2	$1^{m}02$	$1^{m}00$	de 49°51'27" à 40°	2 et 1	$0^{m}66$	$0^{m}62$	de 49°51'27" à la clef	2 et 1	$0^{m}61$	$0^{m}50$
de 40° à 14°	2	$0^{m}79$	$0^{m}76$	de 40° à 28°	2 et 1	$0^{m}63$	$0^{m}53$				
de 14° à la clef	2	$0^{m}72$	$0^{m}67$	de 28° à la clef	1	$0^{m}43$	$0^{m}35$				
2° Bandeaux en pierre de taille											
de 49°51'27" à 30°	2	$1^{m}52$	$1^{m}19$	de 49°51'27" à 30°	»	»	»	de 49°51'27" à la clef	1	$0^{m}77$	$0^{m}50$
de 30° à la clef	1	$0^{m}595$	$0^{m}50$	de 30° à la clef	1	$0^{m}59$	$0^{m}50$				



B. - 1er Rouleau. — *B_1. Division en tronçons.* Par un coffrage, un taquet, ou une assise à sec, on a, comme à Lavaur,[2] articulé le 1er rouleau au-dessus de chaque point fixe du cintre.

Φ — 1er rouleau



On a établi : aux angles de 49°51'27" (naissances) et 39°15', des coffrages, comme à Lavaur[3] aux angles de 55° et 44° ;

à ceux de 30° et 15°, des taquets, comme à Lavaur[3] aux angles de 13° et 29° ;

les faces des taquets et coffrages étant toujours placées entre l'about du vau et la clef.

On n'a pas bourré le vide de sacs de sable, comme on l'avait fait à Lavaur[3] et au Castelet[4].

Le premier rouleau a été ainsi divisé en 8 tronçons :

de 49°51'27" à 39°15	tronçons I et I'
de 39°15' à 30°	tronçons II et II'
de 30° à 15°	tronçons III et III'
de 15° à la clef	tronçons IV et IV'

Les deux pierres de taille du bandeau et les 4 files de moellons de douelle correspondant aux coffrages étaient posées sur cales, comme à Lavaur.[3]

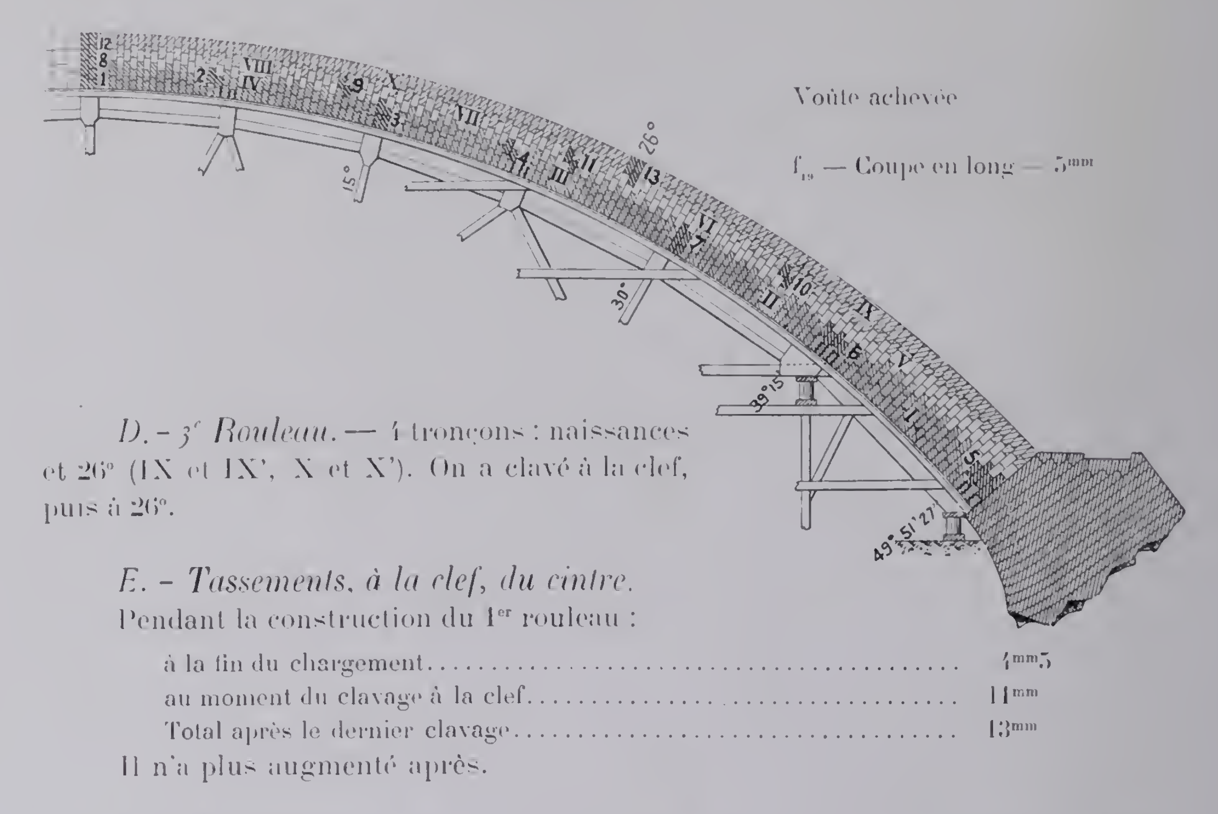
B_2. Ordre d'exécution des tronçons. — Comme à Lavaur,[3] on a construit les tronçons I et I', chargé le cintre sur 25° de chaque côté de la clef, puis attaqué simultanément les 6 tronçons II, II', III, III', IV, IV', en ménageant des assises à sec sur cales au droit des abouts des vaux.

3. — $\widehat{A}^{1}$ F^{r} (> 40^{m}) 4 — Tome II. 4. — $\widehat{A}^{1}$ F^{r} (< 40^{m}) 3 — Tome II.

B_3. *Clavages.* — On a tout clavé en même temps au-dessus de 30°, puis, successivement, en partant des naissances pour terminer à 30°. Mêmes précautions qu'à Lavaur[5] pour le matage des joints.[6]

C. - 2e *Rouleau.* — 8 tronçons : naissances, 35°, 23°, 10°.

On a d'abord maçonné aux reins (tronçons V et V') ; puis on a attaqué en même temps VI et VI', VII et VII'. On a clavé à partir de la clef jusqu'à 15°, puis à partir des naissances.



D. - 3e *Rouleau.* — 4 tronçons : naissances et 26° (IX et IX', X et X'). On a clavé à la clef, puis à 26°.

E. - *Tassements, à la clef, du cintre.*

Pendant la construction du 1er rouleau :

à la fin du chargement	4mm5
au moment du clavage à la clef	11mm
Total après le dernier clavage	13mm

Il n'a plus augmenté après.

6. Décintrement.

— La voûte a été décintrée le 10 septembre 1884, 99 jours après le dernier clavage, par un temps clair et chaud.

Voici les tassements observés :	Côté Montauban	Côté Castres
à la clef	0mm60	
à 16°	0mm51	0mm05
à 32°	0mm50	0mm10
à 42°	0mm29	0mm01
Culée	0mm05	

Ces tassements sont des maxima observés à 2 ou 3 descentes après le détachement du cintre. Ils ont ensuite diminué : à la fin du décintrement, il n'y avait plus à la clef que 0mm44.

5. — $\widehat{A}^1$ Fr (< 40m)4 — Tome II.

6. — Au pont Antoinette, les moellons des clavages étaient trop pleins pour la facilité du matage.

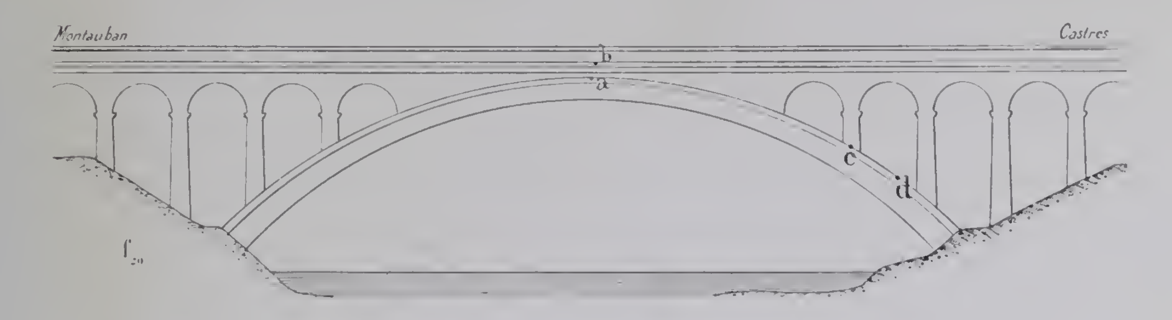


Cliché de M. Terpereau, photographe à Bordeaux.

T. II.

7. Mouvements au passage des trains (observations faites en juin 1899[7] avec les appareils enregistreurs de M. Rabut).

A. - Emplacement des appareils.



B. - Mouvements observés.

Dates — Juin 1899	Mouvements verticaux en dixièmes de millimètres aux points de f_{20} :						Direction (f_{20})	Train		Nombre de Wagons	Vitesse normale en kilom[tres] à l'heure
	a	b	c		d			Voyag. V. ou March. M.	Poids de la machine en tonnes		
	↓	↓	↓	↑	↓	↑					
29											
2h50 s.	4.8	»	»	»	»	»	⟶	V	40 T	10	65km
3h s.	4.5	»	»	»	»	»	⟶	M	37	49	22
6h 6 s.	6.	»	»	»	»	»	⟵	V	40	10	65
30											
9h50 m.	4.6	2.0	»	»	»	»	⟶	V	40	10	65
10h50 m.	5.5	3.5	»	»	»	»	⟵	M	38	32	25
11h25 m.	6.3	2.3	»	»	»	»	⟵	V	40	9	65
2h50 s.	»	»	2.0	1.0	1.5	1.2	⟶	V	40	10	65
3h s.	5.8	»	1.6	2.0	1.5	1.5	⟶	M	38	47	22
4h30 s.	4.8	»	1.0	0.5	1.5	1.3	⟶	M	38	40	23
6h 6 s.	3.5	»	3.0	1.2	2.2	0.8	⟵	V	40	14	65

C. - Observations sur les graphiques tracés par les appareils.

1° – La clef *(a)* baisse brusquement, proportionnellement à la surcharge.

2° – La plinthe *(b)* baisse moins que la voûte.

3° – Aux reins *(c* et *d)*, côté Castres, la voûte s'abaisse lorsque le train arrive de Castres et se relève lorsqu'il arrive de Montauban.

4° – Les vibrations sont presque nulles à la clef et aussi sous les piles *(c)*, lorsque le train arrive de Montauban.

5° – Elles sont sensibles en *(d)* entre les piles et aussi en *(c)* sous les piles, lorsque le train arrive de Castres.

7. — Par MM. Lannusse, aujourd'hui Ingénieur des Ponts et Chaussées, et Chausse, Conducteur principal.

8. Personnel.

Ingénieurs en chef. — *Projet :* M. Robaglia. — *Exécution :* M. Bauby.

Ingénieur ordinaire. — *Projet*[8] *et Exécution :* M. Séjourné.

Chef de section : M. Anglade.

Sous-chef de section : M. Frœnell.

Entrepreneur : M. Naboudet.

8. — Les dessins du Pont Antoinette ont été donnés dans la Collection des dessins remis aux Élèves de l'École des Ponts et Chaussées, 4e Série, section C, pl. 17. La légende explicative (tome 3, 5e fascicule, 22e livraison, 1888, p. 685 à 703) est extraite du Mémoire de M. Séjourné, inséré aux Annales des Ponts et Chaussées d'octobre 1886.

A la page 703 de cette légende, à la page 741 de la Notice de l'Exposition de 1889, il est dit que le projet « *est sensiblement conforme au type antérieurement étudié* » par un autre Ingénieur.

C'est tout à fait inexact.

PONTS

DU CASTELET, DE LAVAUR, ANTOINETTE

$\widehat{A}^{1}$ F^{r} (> 40m)[3] $\widehat{A}^{1}$ F^{r} (> 40m)[4] $\widehat{A}^{1}$ F^{r} (> 40m)[5]

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

ET

PRIX DE REVIENT

RAPPROCHÉS EN

TABLEAUX COMPARATIFS

Tableaux

I Ponts de service et installations. — *Quantités.* — *Dépenses.*

II Cintres. — *Prix de revient total.*

III Cintres. — *Cube de bois.* — *Poids de fer.* — *Prix de revient à l'unité.*

IV Exécution des grandes voûtes. — *Renseignements autres que les prix de revient.*

V Prix de revient du mètre cube de grande voûte (y compris seulement les dépenses d'exécution, fournitures de pierre et de ciment, main d'œuvre, coffrages, liteaux des joints, lames de plomb des assises à sec, etc.... mais non compris le cintre, le pont de service et toutes installations).

VI Prix de revient des ouvrages.

I. — Ponts de service et installations.

Quantités - Dépenses

NOTA. La surface d'élévation S du pont de service est comptée entre le plan des voies d'approvisionnement des grues, les berges, et les points d'appui du pont de service (c'est-à-dire au Castelet, le lit de la rivière, aux 2 autres ponts, les têtes des pieux de brise-lame du cintre).

	PONTS du Castelet	PONTS de Lavaur	PONTS Antoinette
Pont de service.			
Cube de bois C'	154 mc 22	212 mc 94	96 mc 22
Poids de fer	2276 k 60	2823 k 70	1187 k
Dépenses d_1	12200 f	13300 f	6100 f
Surface d'élévation S	969 mq 37	1449 mq	591 mq
Cube total des maçonneries — de la grande voûte Q_1	615 mc 62	666 mc 83	530 mc 41
Cube total des maçonneries — du pont achevé Q_2 (maçonneries à mortier, béton)	1547 mc 28	6618 mc 67	2403 mc
Cube de bois — par mq d'élévation $\frac{C'}{S}$	0 mc 16	0 mc 15	0 mc 163
Cube de bois — par mc. de maçonnerie — de la grande voûte $\frac{C'}{Q_1}$	0 mc 25	0 mc 31	0 mc 181
Cube de bois — par mc. de maçonnerie — du pont achevé $\frac{C'}{Q_2}$	0 mc 10	0 mc 032	0 mc 04
Dépense — par mc. de bois du pont de service $\frac{d_1}{C'}$	79 f 11	62 f 46	63 f 40
Dépense — par mq. d'élévation $\frac{d_1}{S}$	12 f 58	9 f 18	10 f 32
Dépense — par mc. de maçonnerie — de la grande voûte $\frac{d_1}{Q_1}$	19 f 84	19 f 94	11 f 48
Dépense — par mc. de maçonnerie — du pont achevé $\frac{d_1}{Q_2}$	7 f 88	2 f 01	2 f 54
Installations. — Dépenses.			
Grues, treuils, voies, plans inclinés, etc. d_2	5000 f	7400 f	4500 f
Pont de service, et installations (ensemble).			
Dépense — totale $D' = d_1 + d_2$	17200 f	20700 f	10600 f
Dépense — par mq d'élévation $\frac{D'}{S}$	17 f 74	14 f 28	17 f 94
Dépense — par mc. de maçonnerie — de la grande voûte $\frac{D'}{Q_1}$	27 f 94	31 f 04	19 f 98
Dépense — par mc. de maçonnerie — du pont achevé $\frac{D'}{Q_2}$	11 f 12	3 f 12	4 f 41
Main d'œuvre par m. c. de bois des ponts de service.			
Dépense — Préparation	5 f 54	4 f 54	8 f 54
Dépense — Transport à 3 k 5	3 f 62	»	»
Dépense — Montage	21 f 19 } 35 f 75	11 f 73 } 20 f 61	11 f 44 } 23 f 06
Dépense — Démontage, etc.	3 f 70	3 f 36	1 f 98
Dépense — Outils et faux frais	1 f 70	0 f 98	1 f 10
Temps — Préparation	8 h 18 m	7 h 50 m	14 h 49 m
Temps — Transport à 3 k 5	3 h 34 m	»	»
Temps — Montage	32 h 5 m } 50 h 56 m	20 h 43 m } 36 h 23 m	23 h 52 m } 44 h 26 m
Temps — Démontage	6 h 59 m	7 h 50 m	6 h 25 m

II. — Cintres. — *Prix de revient total.*

	PONTS					
	du Castelet		de Lavaur		Antoinette	
Main-d'œuvre.						
Fondation - Pieux (outils et faux-frais compris).						
Forage des trous	Maçonnerie de moellons ordinaires à ciment, aux retombées des arbalétriers de la partie retroussée (fourniture comprise) et divers		8820f40		14180f50	
Battage dans les trous forés, y compris préparation, dressage des abouts inférieurs, armature de ces abouts par une feuille de tôle, mise en place		3600f		13000f		16500f
Nettoyage des trous et cimentage au scaphandre			3903f25		2143f80	
Enlèvement ou recépage			276f35		175f70	
Bois équarris.						
Au-dessous de la tête des pieux :						
Taille et mise en place (vaux, contrefiches, contreventements inférieurs)			2004f35	2500f pour 56mc70	554f75	655f19 pour 27mc293
Démontage et enlèvement des bois			350f05		69f25	
Outils et faux frais (environ 1/20e)			145f60		31f19	
Au-dessus de la tête des pieux :						
Préparation et taille	2986f05		1763f45		1474f49	
Transport, de l'épure au lieu d'emploi (chargement et déchargement)	495f60	7618f64 pour 207mc230	»	5500f pour 228mc51	»	3344f81 pour 131mc56
Montage (y compris la pose du platelage, et, pour le Pont du Castelet, la rivure des tirants)	2789f40		2609f45		1364f40	
Démontage et enlèvement des bois	984f80		897f60		339f00	
Outils et faux-frais (environ 1/20e)	362f79		229f50		166f92	
Ensemble				8000f pour 285mc27		4000f pour 158mc853
Fournitures *(les matériaux restant, après emploi, la propriété de l'entrepreneur).*						
Bois (rendus sur les chantiers, déchets compris)						
Sapin pour pieux. — Bois équarris	10090f80	17494f89	12066f49	15966f76	7825f72	10579f70
Fers. - Zinc (pour assemblage). - Plomb (de 1c, sur les sommiers)	7404f09		3900f27		2753f98	
Divers.						
Câbles de contreventement (pieux d'amarrage, achat, transport, pose et dépose). — Boites à sable (calfatage et remplissage)		1286f47		1033f24		1220f30
Prix de revient total	30000f		38000f		32300f	

III. — Cintres. — *Cube de bois. — Poids de fer. — Prix de revient à l'unité.*

	Ponts						
	du Castelet	de Lavaur			Antoinette		
Ouverture	41m20	61m50			50m00		
Fruit des tympans	0,033	0,04			0,04		
Longueur de la génératrice d'intrados — à la clef	6m276	4m80			4m936		
Longueur de la génératrice d'intrados — de la voûte V'* à 60°	7m016	6m048			5m818		
Nombre de fermes	5	5			5		
Épaisseur d'une ferme — de rive	20c	20c			20c		
Épaisseur d'une ferme — intermédiaire	25c	25c			25c		
Cube de bois (pieux compris) — d'une ferme — de rive	29mc379	42mc25			23mc647		
Cube de bois (pieux compris) — d'une ferme — intermédiaire	34mc391	49mc83			28mc548		
Cube de bois (pieux compris) — de toutes les fermes C_1	161mc931	233mc99			132mc938		
Cube de bois (pieux compris) — des pièces communes (platelage, contreventements, couchis) C_2	45mc308	90mc62			53mc615		
Cube de bois (pieux compris) — total du cintre $C' = C_1 + C_2$	207mc239	324mc61			186mc553		
Cube de bois (pieux compris) — par mq de douelle $K_1 = \frac{C'}{S}$	0mc556	0mc657			0mc592		
Cube de bois (pieux compris) — par mc. de vide sous le cintre $K_2 = \frac{C'}{C_3}$	»	0,043			0,053		
Cube de bois (pieux compris) — Rapport $\frac{C_2}{C'}$	0.22	0,28			0,29		
Le cube C' se décompose en — pieux — nombre	»	78			70		
Le cube C' se décompose en — pieux — cube	»	39mc34			27mc70		
Le cube C' se décompose en — bois équarris	»	285mc27			158mc853		
Poids de fer — total P	14759k	11246k			7805k		
Poids de fer — par mq de douelle $p_1 = \frac{P}{S}$	39k60	22k765			24k78		
Poids de fer — par mc. de vide sous le cintre $p_2 = \frac{P}{C_3}$	»	1.507			2.20		
Poids de fer — par mc. de bois $\frac{P}{C'}$	71k21	34k64			39k805		
Dépense réelle (tout compris) — totale	30000f	38000f			32300f		
Dépense réelle (tout compris) — au mq. de douelle $\frac{D}{S}$	80f50	76f92			102f54		
Dépense réelle (tout compris) — au mc. de bois $\frac{D}{C'}$	144f76	117f06			173f14		
Bois équarris seuls (non compris les pieux) — Cube	207mc239	285mc27			158mc853		
Bois équarris seuls (non compris les pieux) — Dépense au mc. — fers compris	123f11	83f49			85f49		
Bois équarris seuls (non compris les pieux) — Dépense au mc. — fers non compris	85f45	69f82			68f15		
Pour 1mc de bois équarri : (Préparation et taille, bardage, montage, démontage, enlèvement des bois, outils, faux-frais).	*sur tout le cintre*	*au-dessous de la tête des pieux*	*au-dessus de la tête des pieux*	*sur tout le cintre*	*au-dessous de la tête des pieux*	*au-dessus de la tête des pieux*	*sur tout le cintre*
Temps employé	*56h18m*	*71h37m*	*10h07m*	*16h57m*	*13h11m*	*19h35m*	*18h32m*
Prix de revient	*36f76*	*11f05*	*21f06*	*28f01*	*21f*	*25f13*	*25f17*

* *Voir* Avertissement, Tome II, p. III, n° 7. *A*

IV. — Exécution des grandes voûtes.

Renseignements autres que les prix de revient.

PONTS		Dates du commencement	Dates de la fin	Cube de maçonnerie exécuté par journée de 10 heures de travail effectif : Cube maximum	Cube moyen exécuté par l'ensemble des maçons	Cube moyen exécuté par maçon	1^{mc} de maçonnerie de voûte a exigé : Heures de maçons	Heures de manœuvres	Poids de ciment	Le service d'un maçon a exigé un nombre de manœuvres (M) de :
		1882								
du Castelet au-dessus de 60°	1er rouleau	10 - X	5 - XI							
	2e —	28 - X	28 - XI							
	Ensemble et moyenne	»	»		$10^{mc}87$	$1^{mc}18$	8^h27^m	15^h21^m	152^k	1 M 8
		1883								
de Lavaur au-dessus de 55°	1er rouleau	10 - IX	8 - X	32^{mc}	18^{mc}	$0^{mc}97$				
	2e —	9 - X	12 - XI	$13^{mc}5$	$7^{mc}07$	$0^{mc}81$				
	3e —	13 - XI	24 - XII	14^{mc}	$7^{mc}12$	$0^{mc}62$				
	Ensemble et moyenne	»	»	»	$8^{mc}13$	$0^{mc}77$	12^h57^m	24^h30^m	169^k	1 M 9
		1884								
Antoinette au-dessus de 49°51'27"	1er rouleau	25 - III	3 - V	$24^{mc}4$	$10^{mc}8$	$0^{mc}91$				
	2e —	29 - IV	13 - V	$22^{mc}45$	$17^{mc}02$	$0^{mc}92$				
	3e —	13 - V	3 - VI	$14^{mc}2$	$11^{mc}2$	$1^{mc}03$				
	Ensemble et moyenne	»	»	»	$11^{mc}92$	$0^{mc}95$	10^h32^m	13^h08^m	106^k	1 M 25

V. — Prix de revient du mètre cube de grande voûte.

(y compris seulement les dépenses d'exécution, fournitures de pierre et de ciment, main-d'œuvre, coffrages, liteaux des joints, lames de plomb des assises à sec, etc..., mais non compris le cintre, le pont de service et toutes installations).

		PONTS du Castelet		de Lavaur		Antoinette	
		615 mc 62 *66500f*		666 mc 83 *75000f*		530 mc 41 *63400f*	
Main-d'œuvre	Exécution de la maçonnerie	5f99		7f13		6f30	
	Fabrication et bardage du mortier [1]	1f75		2f30		1f65	
	Bardage du moellon et de la pierre de taille	4f40	*12f71*	5f43	*15f60*	3f79	*12f32*
	Outils et faux-frais (1/20e)	0f60		0f74		0f58	
Fournitures (*y compris 1/20e pour outils et faux-frais pour la pierre*)	Ciment artificiel Vicat n° 1	16f13		16f07		10f04	
	Sable	1f17		0f91		0f33	
	Pierre de taille de grand et petit appareil	24f37	*86f71*	28f27	*83f79*	21f60	*98f35*
	Moellons équarris	32f12		24f61		49f15	
	Parements vus	10f43		10f36		17f23	
	Plus-value pour taille de moellons équarris, en voûtes	2f49		3f57		»	
Divers (*payés sur la somme à valoir*)	Maçonnerie régularisant les fouilles	1f31		»		»	
	Plomb, liteaux	1f56		2f06		0f92	
	Taquets et coffrages, taille et pose des assises à sec	1f45	*8f57*	4f47	*13f08*	1f25	*8f85*
	Gargouilles, calfatage des joints de l'extrados, chapes, rejointoiements	3f84		4f98		5f77	
	Divers	0f41		1f57		0f92	
Prix de revient total du mc. de grande voûte :			*108f02*		*112f47*		*119f53*
1. — La fabrication d'un mc. de mortier a coûté		1f86		1f77		6f63	

VI. — Prix de revient des ouvrages.

		du Castelet	de Lavaur	Antoinette
Installations et pont de service		17200f	20700f	10600f
Dispositif de mines		15400f	»	»
Fouilles et fondations		38100f	79300f	33800f
Grande voûte	Cintre	30000f	38000f	32600f
	Partie correspondant au bandeau *(Castelet)*, à l'archivolte *(Lavaur et Antoinette)*	58000f	75000f	63400f
	Culées	»	94000f	»
Viaduc d'élégissement		29600f	111900f	50400f
Plinthes et parapets (y compris fluatation de la pierre tendre)		14900f	46000f	21000f
Surveillants et divers		3800f	20100f	12200f
Total		207000f	485000f	224000f

PONT DE WÄLDLITOBEL

SUR LE RAVIN DE KLÖSTERLE (*AUTRICHE,-Vorarlberg*)

Chemin de fer de l'Arlberg[1]

1883-1884 $\widehat{A}^1$ F^r (= 40m)6

Φ_1[2]



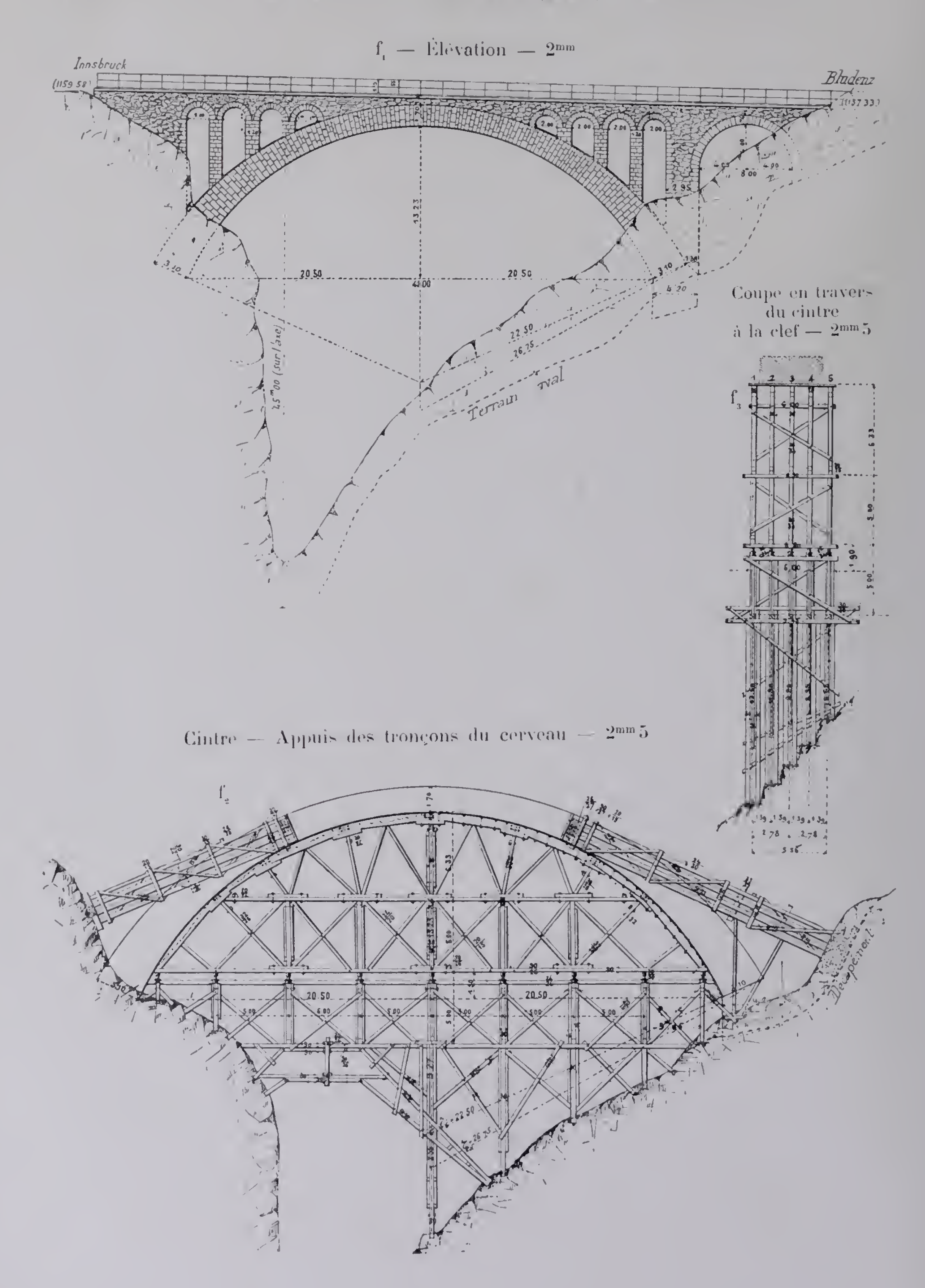
1. Cintre (f_1, f_2). — Les vaux sont en deux pièces assemblées en dents de scie et boulonnées.

Les potaux de l'étage inférieur sont en bois rond de 0m30; tout le reste est en bois équarri.

2. Exécution de la grande voûte. — On l'a attaquée, sur toute son épaisseur, en 4 points, aux culées et au cerveau, en soutenant les maçonneries par des étais en bois appuyés sur les berges (f_2).

1. — Dans la montée de Bludenz au souterrain de l'Arlberg, à 2k5 environ en deçà de l'entrée, près de la halte de Klosterle.

2. — Cliché de MM. Würthle et fils, Photographes à Salzbourg (Autriche).


f₁ — Élévation — 2mm
Innsbruck
Bludenz
Coupe en travers du cintre à la clef — 2mm 5
f₃
Terrain Nal
Cintre — Appuis des tronçons du cerveau — 2mm 5
f₂

3. Quantités et dépenses (S''_1).

	Quantités	Dépenses ³ à l'unité (rabais déduit)	Dépenses ³ totales
Fouilles (déblais, épuisements)	1400mc	3f69	5.176f19
Béton	4mc	21f62	86f51
Maçonnerie en fondation	80mc	17f91	1.433f46
Maçonnerie de moellons bruts	780mc	20f75	16.191f99
Maçonnerie de voûte	755mc	31f68	23.921f97
Maçonnerie de pierre de taille	29mc	82f01	2.378f53
Plus-value pour la maçonnerie de la grande voûte	630mc	33f56	21.145f30
Rejointoiements	405mq	3f27	1.327f48
Chapes	280mq	7f21	2.019f08
Gargouilles	165k	0f54	90f14
Garde-corps	135m	6f15	830f48
Cintres	»	»	12.739f88
Divers	»	»	6.087f89
Total			93.428f85

4. Personnel (S_2). — Direction générale des Chemins de fer de l'État autrichien, à Vienne.

Entrepreneurs : MM. Casagrande et E. Benuzzi.

3. — Le décompte était en florins (1 florin = 2f691).

SOURCES :

S_1. — Pièces que m'a gracieusement communiquées la Direction des Chemins de fer de l'État.

S'_1. — Dessins.

S''_1. — Décompte.

S_2. — Dr Robert Schönhöfer : « *Die Haupt-, Neben- und Hilfsgerüste im Brückenbau* ». Berlin, 1911. Wilhelm Ernst und Sohn.- p. 62 à 64.

PONT SUR LE TECH, A CÉRET *(PYRÉNÉES-ORIENTALES)*

Ligne d'Elne à Arles-sur-Tech

1883-1885 — $\widehat{\mathbf{A}}^{1}$ F^{r} ($> 40^{m}$) 7

Φ_1 — amont (S.)



1. Pourquoi on a fait une grande arche. — Parce que les fondations dans le lit étaient chères ; parce que le sol des berges est incompressible ; peut-être aussi, parce qu'il y avait, tout près, un pont du XIVe siècle, qui a une arche de $45^{m}45$ [1].

2. Aspect. — L'arc, très peu surbaissé, se raccorde mal avec des piédroits trop bas.

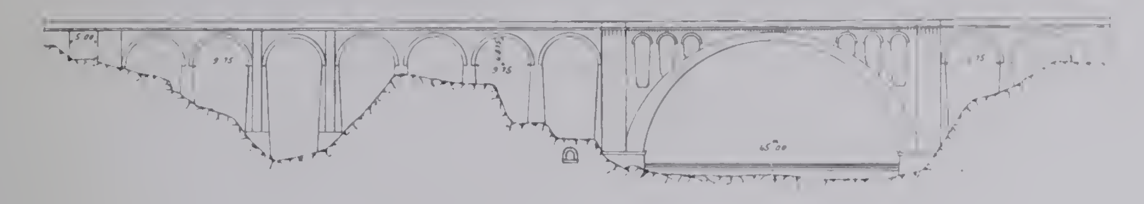
Le bandeau croît trop de la clef aux reins.

Les piles des voûtes d'évidement sur la grande voûte sont trop épaisses, et ont trop de fruit.

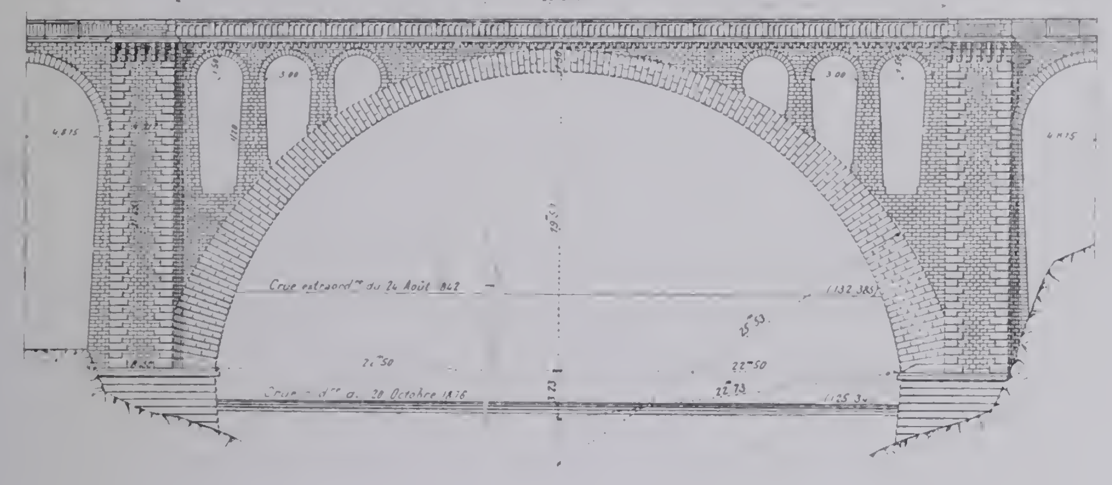
Les chaînes d'angle des pilastres ont trop de saillie.

1. — $\mathbf{C}^{1}$ P^{te} ($> 40^{m}$)^{1} — Tome I.


f₁ — Ensemble — 0mm75



f₂ — Grande voûte — 2mm



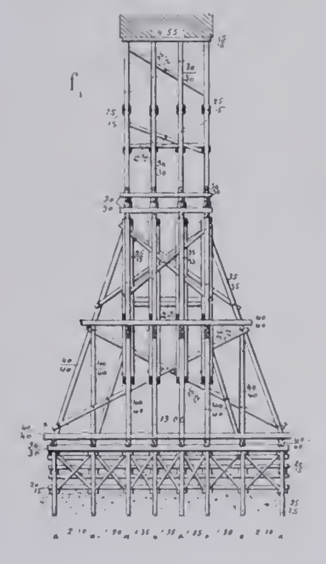
Cintre — 2mm5

f₃

Tôle de 3mm

Plaiclage de 25mm

f₄



3. Cintre.

Main-d'œuvre pour le bois équarri – 362mc21 [2] au-dessus des supports (S_3).	Dépense	Quantité d'heures
Préparation	7f54	14h17m
Transport	1f55	5h10m
Montage	8f40	16h01m
Démontage et enlèvement	5f43	12h38m
Outils et faux-frais	1f15	»
	24f07	48h06m

4. Construction de la grande voûte. — *A. - Division en rouleaux et tronçons.* — Au-dessus des joints à 60°, elle a été construite en deux rouleaux, divisés en 4 tronçons, à 60° et 30°.

B. - 1er ***Rouleau*** [3] *(230mc) 7 25 octobre 1884.* — On a exécuté en même temps les 4 tronçons.

Le tronçon inférieur était appuyé en douelle sur trois assises à joints secs, avec cales de plomb à l'intrados et cales de bois à l'extrados ; par derrière, sur coffrages.

Le tronçon supérieur s'appuyait sur des madriers tenus par des taquets boulonnés sur les vaux (S_1).

Des joints secs, avec cales de plomb à l'intrados et cales de chêne à l'extrados, étaient ménagés aux angles de 42° et 78°, au droit des poteaux du cintre (S_3, S_1).

En même temps qu'on exécutait les tronçons, on chargeait le cerveau.

A la clef, on a posé les assises à sec sur cales en sapin (S_1).

On a clavé simultanément les 4 tronçons, les 24 et 25 octobre 1884, en refoulant du mortier de ciment sec, d'abord avec des fiches en fer, puis avec des fiches et des spatules en chêne (S_4) [4].

C. - 2e ***Rouleau*** *(255mc) 26 octobre – 22 novembre 1884.* — On a appuyé les 4 tronçons sur les découpes du premier rouleau.

Il a été clavé les 20, 21, 22 novembre (S_3).

5. Mouvements dus à la température [5]. — En janvier 1908, on a constaté une fissure de 1mm sur toute la hauteur du parapet de la grande voûte, le long des refuges des pilastres.

On n'en a pas constaté dans les tympans.

2. — Savoir :

Chêne	10mc24
Sapin	351mc97
	362mc21

3. — On a suivi l'instruction rédigée pour le pont de Lavaur $\widehat{A}^1$ Fr (⩾ 40m)4 - Tome II.

4. — D'après S_1, p. 759 et 760, la construction de la voûte aurait été conduite de façon différente.
Je m'en suis rapporté à mes renseignements pris en cours de travaux et aux instructions de M. l'Ingénieur en chef Parlier au moment du clavage.

5. — Renseignements qu'a bien voulu faire prendre et me communiquer M. Balandier, Ingénieur en chef de la Compagnie du Midi (février 1908).

6. Personnel.

Ingénieurs en chef : *Projet :* M. Tastu. — *Travaux :* M. Parlier.
Ingénieur : *Projet et Travaux :* M. Velzy.
Entrepreneur : M. Coderch.

SOURCES :

S_1. — Exposition, Paris, 1889. - Notices, Travaux Publics — p. 754 à 761 : « *Pont de Céret* ».

S_2. — Décomptes.

S_3. — Renseignements pris en cours de travaux.

S_4. — Correspondance de M. l'Ingénieur en chef Parlier.

S_5. — Ce que j'ai vu — mai 1908.

PONT SUR LE PALMGRABEN[1] *(Haute-AUTRICHE)*

Ligne de Klaus-Steyrling à Selzthal (Pyhrnbahn)[2]

1904–1905 $\widehat{A}^1$ F^r $(\geqslant 40^m)^8$

Φ_1 (S_4)



1. Chape Leiss-Zuffer (S_4). — Entre 2 lits de béton, une couche d'asphalte pur, et dans celle-ci une feuille de jute.[3]

1. — Entre la station de Dirnbach-Stoder et la halte de St-Pankraz.

2. — Tronçon de la ligne de Linz à Selzthal.

3. — Chape de toutes les autres grandes voûtes des chemins de fer des Alpes autrichiennes : Ponts sur le Schalchgraben, $\widehat{A}^1$ F^r $(\geqslant 40^m)^9$; sur le Rothweinbach, $\widehat{A}^1$ F^r $(\geqslant 40^m)^{10}$ — Tome II. Ponts sur le Krenngraben, $\widehat{A}^1$ F^r $(\geqslant 40^m)^{17}$; de Steyrling, $\widehat{A}^1$ F^r $(\geqslant 40^m)^{18}$; de Salcano, $\widehat{A}^1$ F^r $(\geqslant 40^m)^{19}$; de Canale, $\widehat{A}^n$ F^r $(\geqslant 40^m)^1$ — Tome III.

S'₁

f_1 — Élévation — 2mm (S'₁ et Φ₁)

(Schlal)

(Klaus)

Culée

f_1 — Coupe sur yy de f_1 — 5mm

Culée

f_1 — Coupe sur zz de f_1 — 5mm

f_2 — Coupe en long — 2mm

f_4 Cintre — 2mm

f_3 — Coupe en travers à la clef — 5mm

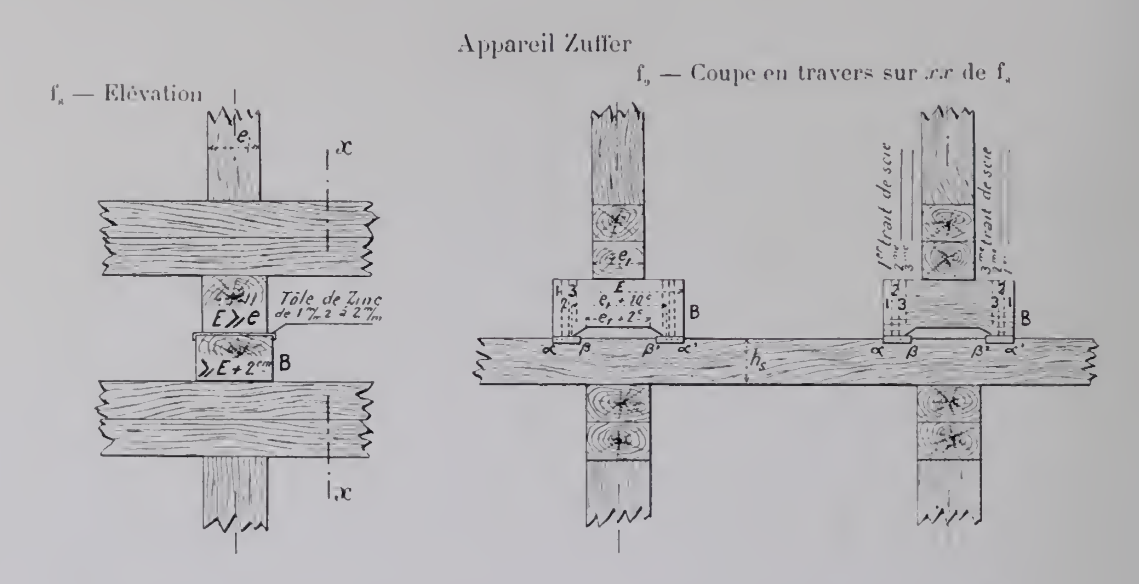
2. Cintre (S'_1). — Il a été calculé pour les 2/3 de l'épaisseur de la voûte.

3. Appareil de décintrement de M. l'Ingénieur en chef Zuffer[4] (f_8, f_9) (S_3).

Appareil Zuffer

f_8 — Élévation

f_9 — Coupe en travers sur xx de f_8



Les fermes portent sur des billots B en bois, sans nœuds, à base évidée.

On augmente progressivement la pression sur cette base $\alpha\ \beta$, $\alpha'\ \beta'$, en détachant à la scie des bandes 1, 2, 3, jusqu'à écrasement en β et β'.

Après le premier trait de scie, la pression sur la base est doublée, soit environ 60k par $\overline{0^m01}^2$: la voûte tasse lentement.

Le deuxième trait de scie, donné un peu après, quand la voûte ne tasse plus, élève la pression à 100k environ par $\overline{0^m01}^2$.

Le troisième trait, s'il est nécessaire, abaisse complètement le cintre.

4. Dates (S''_1).

Grande voûte	1904-1905
Décintrement	20 juillet 1905
Ouverture à la circulation	19 novembre 1905

5. Personnel (S''_1). — *Projet et Direction des Travaux* : Service de la Construction des Chemins de fer de l'État.

Direction générale à Vienne. — M. J. Zuffer, Directeur du Service.

Direction locale à Windischgarsten.

Entrepreneurs : MM. E. Probst et Cie, à Vienne.

4. — Il a été inauguré au Pont sur le Krenngraben, $\widehat{A}^1$ F^r (> 40m)17 (Tome III), et employé à toutes les autres grandes voûtes des chemins de fer des Alpes autrichiennes (Voir renvoi 3).

Il s'y est, d'après son inventeur, « *extraordinairement bien comporté.* » (*« ausserordentlich gut bewährt »*) S_3, p. 85.

SOURCES :

S_1. — Dessins (S'_1) et renseignements (S''_1), que m'a gracieusement communiqués le Ministère des Chemins de fer à Vienne, sur la demande qu'en a bien voulu faire l'Ambassadeur de France, M. Ph. Crozier.

S_2. — Geschichte der Eisenbahnen der œsterreichisch - ungarischen Monarchie, VI Band, 1898-1908; II Band. *Der Brückenbau der neuen Alpenbahnen. — A. - Steinbrücken.* Josef Zuffer, p. 74 à 87.

S_3. — Zeitschrift des œsterreichischen Ingenieur- und Architekten Vereines, 1908, p. 174 à 176 : « *Die Ausrüstung der grossen Wölbbrücken im Zuge der neuen Alpenbahnen* », J. Zuffer, « K. K. Ober-Baurat. »

S_4. — Ce que j'ai vu — août 1909.

PONT SUR LE SCHALCHGRABEN[1] *(Haute-AUTRICHE)*

Ligne de Klaus-Steyrling à Selzthal (Pyhrnbahn)

1904–1905 $\widehat{\mathbf{A}}^1$ F^r ($\simeq$ 40^m)9

Φ_1 (S_3)

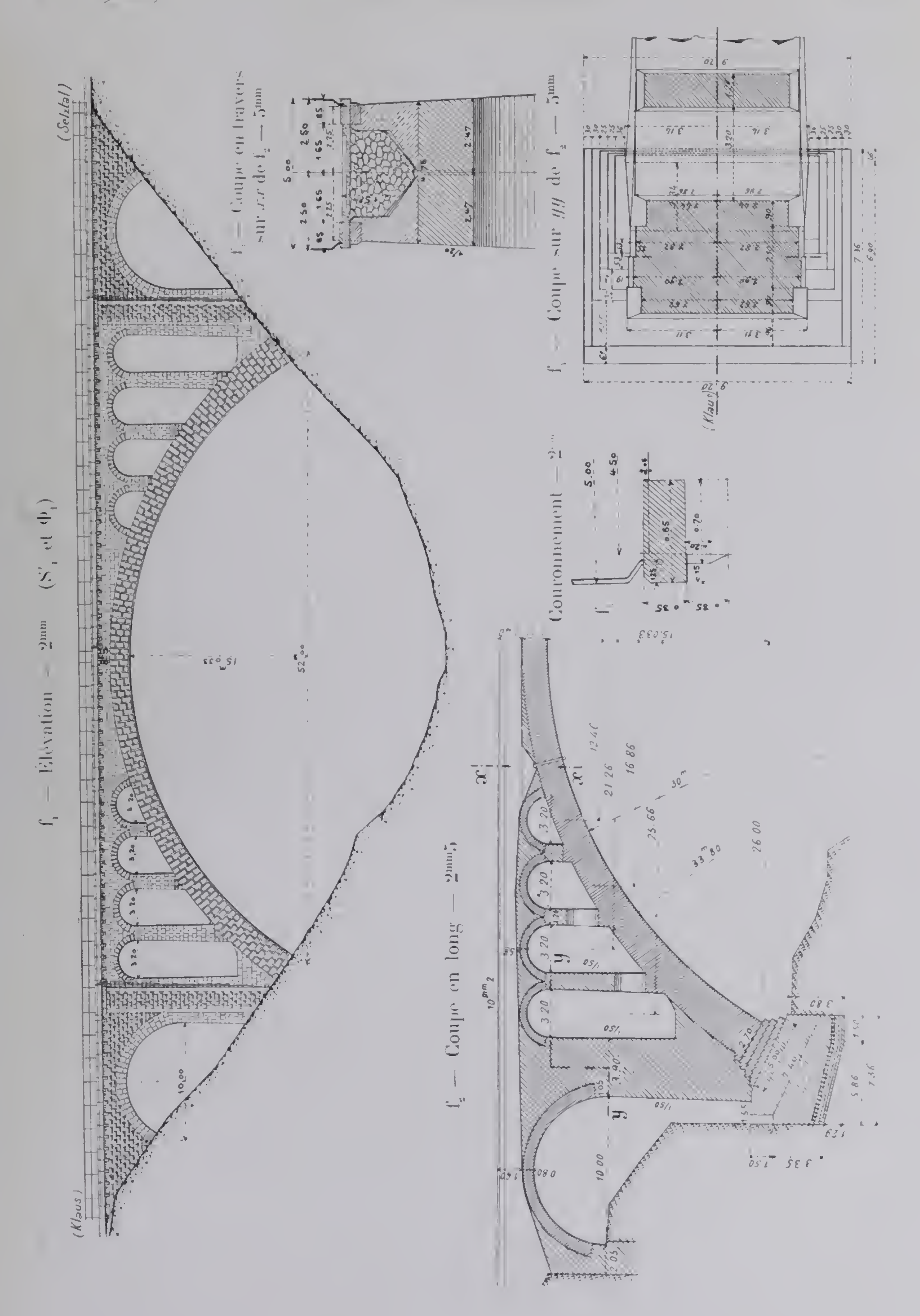


1. Voûtes d'élégissement (S''_1). — Leurs têtes sont en moellons calcaires ; leur douelle en béton coulé, leurs piles et leurs tympans en béton moulé.

2. Aspect (S_3). — Il y a trop de tympan au-dessus de l'extrados.

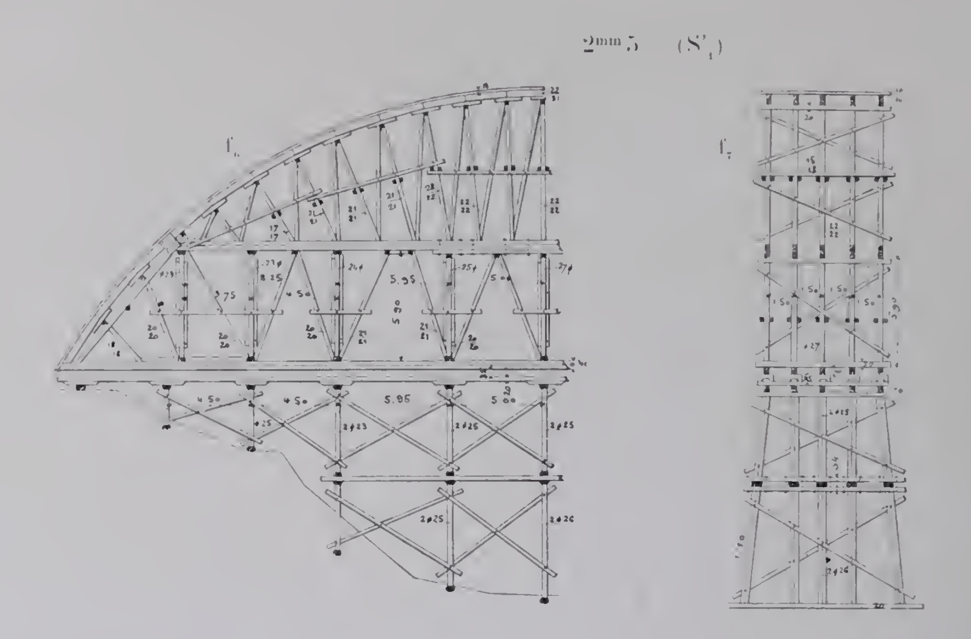
Les piles des voûtes d'élégissement sont trop épaisses (1^{m}20 pour des portées de 3^{m}20).

1. — Entre la station de Dirnbach-Stoder et la halte de Saint-Pankraz.


f1 — Élévation — 2mm (S'1 et Φ1)
f2 — Coupe en long — 2mm5
Coupe en travers sur xx de f2 — 5mm
f4 — Coupe sur yy de f2 — 5mm
Couronnement
(Schatzl)
(Klaus)

3. Cintre (S'1). — Il a été calculé pour les 2/3 de l'épaisseur de la voûte.

2mm 5 (S'1)



4. Dates (S''1).

Commencement des travaux	automne 1904
Achèvement de la grande voûte	printemps 1905
Ouverture à la circulation	19 novembre 1905

5. Personnel (S''1). — Comme au pont sur le Palmgraben [2].

2. — $\widehat{A}^1$ Fr (> 40m) 8 — Tome II, p. 166.

SOURCES :

S1. — Dessins (S'1) et renseignements (S''1), que m'a gracieusement communiqués le Ministère des chemins de fer à Vienne, sur la demande qu'en a bien voulu faire l'Ambassadeur de France, M. Ph. Crozier.

S2. — Geschichte der Eisenbahnen der œsterreichisch-ungarischen Monarchie, VI Band, 1898-1908 ; II Band. « *Der Brückenbau der neuen Alpenbahnen. — A. - Steinbrücken.* » Josef Zuffer, p. 74 à 87.

S3. — Ce que j'ai vu — août 1909.

PONT SUR LE ROTHWEINBACH[1] *(AUTRICHE,-Carinthie)*

Ligne d'Assling à Görz (Wocheinerbahn)

1904-1905 $\widehat{A}^1$ $F^r{}_{1}$ = $40^m{,}10$

Φ_1 (S_3)



1. Aspect (S_2). — Le pont est, comme il convient, traité simplement.

Les petites arches, voisines du cerveau, sont trop aveuglées.

Les pilastres s'appuient en partie sur la voûte : ils ramènent ainsi la pression vers l'intrados, mais sont assez fâcheusement échancrés au pied.

Ces larges pilastres ne portent rien.

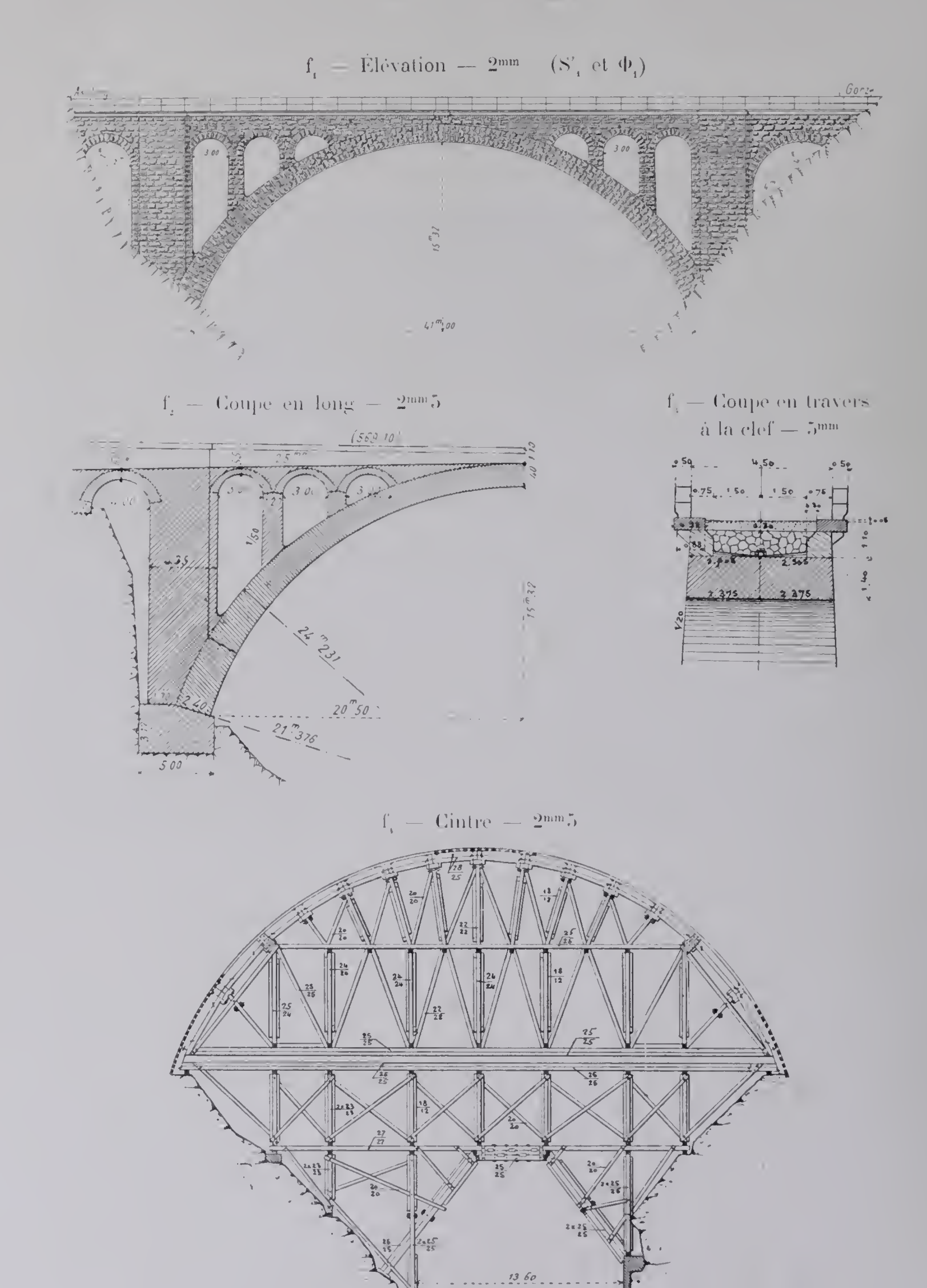
2. Cintre (S'_1). — Il est calculé pour toute l'épaisseur de la voûte.

On a admis comme travail limite, en ^{kg} $0^m\overline{01}^2$:

à la flexion : 80^k ;

à la compression : 60^k.

1. — entre les stations de Dobrawa et Veldes, à 1^k320 de la station de Dobrawa.



f_1 — Élévation — 2mm (S'_1 et Φ_1)

f_2 — Coupe en long — 2mm5

f_3 — Coupe en travers à la clef — 5mm

f_4 — Cintre — 2mm5

3. Dates (S''_1).

Commencement des travaux	4 juillet 1904
Fondations	aout 1904-25 avril 1905
Grande voûte	10 juin-21 août 1905
Décintrement	20 septembre 1905
Ouverture à la circulation	juillet 1906

4. Personnel (S''_1).

Ingénieurs :

Projet : M. le Dr Robert Schönhöfer.

Direction des Travaux : M. Anton Max, Ingénieur.

Entrepreneurs : MM. Madile et Cie, de Klagenfurt.

SOURCES :

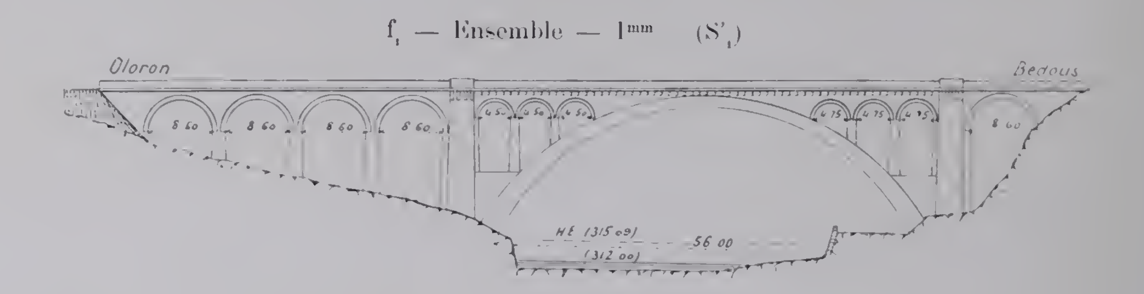
Comme au Pont sur le Schalchgraben, Â¹ Fr > 40m 9, Tome II, p. 170.

PONT SUR LE GAVE D'ASPE, A ESCOT *(BASSES-PYRÉNÉES)*

Ligne d'Oloron à Bedous [1]

1907-1909 $\widehat{\mathbf{A}}^1$ F^r $(\geq 40^m)$ 11

f_1 — Ensemble — 1^{mm} (S'_1)



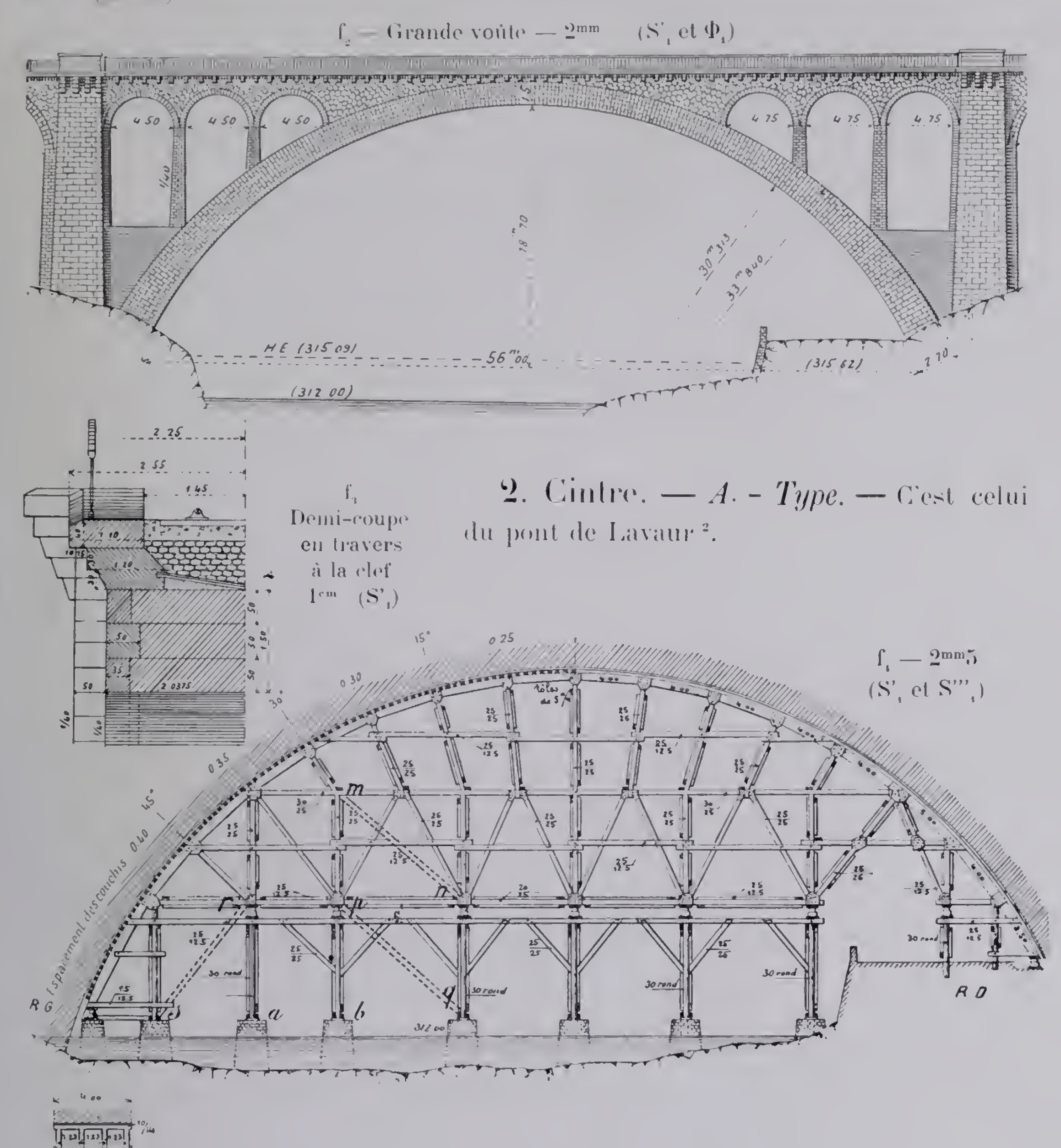
1. Pourquoi on a fait une grande arche. — Le tracé est très biais sur le Gave (53° environ). Des piles droites l'encombraient ; des piles biaises étaient fort laides.

Φ_4 (S_2)



1. — à 15^{km} d'Oloron.

f_2 — Grande voûte — 2mm (S'_1 et Φ_1)



f_1 Demi-coupe en travers à la clef 1cm (S'_1)

2. Cintre. — *A. - Type.* — C'est celui du pont de Lavaur [2].

f_4 — 2mm5 (S'_1 et S'''_1)

f_5 2mm5 (S'_1)

B. - Accident. - 21 juin 1908. — Une crue emporta les piliers *a* et *b* (f_4), pendant qu'on clavait le 1er rouleau : il n'en souffrit pas (S''_1).

On renforça le cintre par la pièce *mn* et on continua les clavages (S'''_1).

La voûte clavée, on ajouta les contrefiches *pq* et *rs* (S'''_1).

2. — Â¹ Fr (> 40m)⁴ — Tome II.

C. - *Dépenses* (S''_1).

Bois et Fers				12976 f 66
Coffrage des boites à sable				695 f 09
Supports en maçonnerie	Batardeaux		5599 f 45	30403 f 17
	Epuisements		6100 f	
	Fouilles et boisages		4403 f 51	
	Maçonnerie	Fourniture	11169 f 51	
		Main-d'œuvre	3130 f 60	
Consolidation à la suite de l'accident du 21 juin 1908				2046 f 78
Enrochements				2384 f 97
			Total	48509 f 67

3. Dates d'exécution de la grande voûte (S''_1).

Commencement des fondations :

Rive gauche	23 juillet 1907
Rive droite	24 octobre 1907
Commencement de la construction par rouleaux [3]	20 mai 1908
Clavage du premier rouleau	28 juin 1908
Clavage du deuxième rouleau	13 juillet 1908
Décintrement	10 octobre 1908

4. Quantités et Dépenses (S''_1).

		Quantités	Dépenses
Grande voûte	Maçonnerie	838 mc 28	44618 f 87
	Cintre	»	48509 f 67
Maçonnerie au-dessus de la grande voûte		537 mc 43	33571 f 89
Pilastres		887 mc 45	30953 f 09
Viaducs d'accès		1088 mc 49	50360 f 04
Totaux		3351 mc 65	208013 f 56 [4,5]

5. Personnel.

Ingénieurs : en chef, M. Sentilhes ; — ordinaire, M. Debats.
Entrepreneur : M. J. G. Denis.

3. — On a suivi l'instruction rédigée pour le Pont de Lavaur, $\hat{\mathbf{A}}^1$ Fr ($\geqslant$ 40m) 4 — Tome II.
4. — Garde-corps non compris.
5. — Reclamations de l'Entreprise non réglées.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution (S'_1), renseignements (S''_1) et photographies (S'''_1) qu'a bien voulu me communiquer M. Debats.

S_2. — Ce que j'ai vu — octobre 1909.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ [1]

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

Série $\overset{\frown}{\mathbf{A}}^{1}\, f^{r}\ (\geqslant 40^{m})$

Voir Préliminaires, Tome II, p. [illegible] et 4[illegible]

1. — pour la définition des arcs « peu surbaissés »,

2. — Pour le sens de ce symbole.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE Longueur entre abouts des parapets Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets entre tympans sous la plinthe Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée Montée Surbaissement Rayon	ÉPAISSEURS — CORPS Clef Retombées	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef Retombées	MATÉRIAUX Mortier Poids pour 1 mc de sable, de chaux ou de ciment	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ Hypothèse adoptée Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° DÉCORATION DES TÊTES
1	2	3	4	5	6	7	8	9
sur la **Gravona** *France* 1884 Â[1] f[r] (= 40m) 1	*84m 11* » 28m	4m 03 voie de 1m, *1m 30* Pas de fruit 1m 00	Arc de cercle **43m,53** *16m 80* $\frac{1}{2,59} = 0,386$ *22m 50*	**1m,40** *2m,80* *a 60°*	**1m,20** *Epaisseur uniforme*	Bandeaux : PT [1] Douelle : PT [1] sur 1m40 d'épaisseur Granit à 600k *Chaux du Teil : 333k*	Pression maxima : Clef : 26k6 Reins : 31k8	1° Pas d'évidements Remplissage en pierres sèches rangées à la main 2° »
de **Ramounails** *France* 1906–1908 Â[1] f[r] (= 40m) 2	*55m 45* 59mm RG–RD 32m	4m 30 (voie de 1m) *1m 22* Pas de fruit 0m 90	Arc d'anse de panier à 4 centres **40m,30** *12m 90* $\frac{1}{3,124} = 0,320$ *Rayons :* RG / RD Cerveau 21m44 / 23m94 Reins 19m18 / 17m21	**1m,20** *3m,00*	**1m,20** *3m 00*	MEV [1] Queue [illegible] *Ciment 400k*	Pressions : max. / moy. Clef 23k2 / 11k6 50° 20k2 / 10k3 Retombées 10k2 / 10k2 *Méry* Surcharge 3000k/1mc sur toute la voûte, sur une demi-voûte.	1° Voûtes transversales vues, en plein cintre : RD 3 de 3m50 sur piles de 0m70 ; RG 4 de 4m sur piles de 0m90 2° [illegible]
de **Cinuskel** *Suisse* 1910-1912 Â[1] f[r] (= 40m) 3	*113m 38* 0 49m	4m 00 (voie de 1m) *3m 70* Fruit : 1/40 1m 50	Arc d'anse de panier à 3 centres **46m,976** *20m 241* *moyenne* $\frac{1}{2,321} = 0,430$ *Rayons :* *Cerveau 20m* *Reins 30m*	**1m,50** *2m,60* *a [illegible]°*	**1m,50** *2m 60* *a [illegible]°*	MAV [1] *Ciment 350k*	Pressions : max. / moy. avec surcharge : Clef 22k8 / 17k5 50° 21k8 / 16k8 Retombées 24k5 / 20k4 sans surcharge : Clef 13k8 / 11k7 50° 13k8 / 11k8 Retombées 13k6 / 11k8 *Arc élastique* *Méthodes Ritter et Mörsch combinées* 3 locomotives de 72t longues de 13m97, et wagons de 17t8 longs de 7m80.	1° 6 voûtes transversales vues, en plein cintre de 4m, sur piles de 1m et 1m20 2° [illegible]

1 — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, p. II, n° 6.

A VOIE ÉTROITE SÉRIE $\widehat{A}^1$ f^r (> 40^m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION									CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q
FONDATIONS	GRANDE VOÛTE								DÉPENSE D
	CINTRE				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF		
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses						
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0m01² *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v		Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17		18
Granit apparent » Pression maxima : 14k »	Retroussé sur 29m33 Grands arbalétriers *Pin* Coins	4 *23cm* 1m10 »	262mc 823k 16021f non compris la somme à valoir	1mc13 3k6 69f3	A partir de 50° de la clef : 2 rouleaux égaux.	» *30 jours* Septembre	$t'_v = 0$		Q = 3511mc Q : S_p = 10mc35 Q : W = 0mc59 D = 112651f non compris la somme à valoir D : S_p = 332f3 D : W = 19f7 D : Q = 32f1
Micaschiste apparent » » »	Retroussé sur toute la portée Grands arbalétriers *Sapin* Boîtes à sable	4 *Fermes de rive* *18cm* *Fermes intermédiaires* *22cm* 1m35 *30mm*	104mc 5040k 10125f	0mc47 22k7 45f6	A partir de 60° de la clef : 2 rouleaux. Au 1er rouleau, 4 tronçons 9 clavages. Au 2e rouleau, 4 tronçons 5 clavages.	Piles sur le dos de la grande voûte montées jusqu'aux retombées des petites. *23 jours* 18 juillet	t_c = 21mm t'_v = 1mm6		Q = 908mc Q : S_p = 3mc73 Q : W = 0mc19 Q : W' = 0mc37 [5] D = 82465f D : S_p = 338f7 D : W = 17f2 D : W' = 34f0 [5] D : Q = 90f9
Rocher (Gneiss) » Pressions : max. | moy. avec surcharge 22k9 | 20k sans surcharge 13k8 | 11k	Retroussé sur 36m Type Pont de Solis C1 fr(≥40m) I (Tome I) Billots à base évidée	4 *18c à 20c* 1m20 *0*	185mc 5070k 18000f	0mc53 14k8 52f2	A partir de 55° de la clef : 2 rouleaux, chacun en 6 tronçons.	Voûte nue *10 jours* 6 juillet	t_c = 62mm t'_v = 0 t''_v = 0		Q = 2630mc Q : S_p = 5mc84 Q : W = 0mc27 Q : W' = 0mc36 [5] D = 126000f D : S_p = 277f8 D : W = 12f9 D : W' = 17f2 [5] D : Q = 41f5

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation. 4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *B*.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT	PROJET							
	ENSEMBLE		GRANDE VOÛTE					
			INTRADOS	ÉPAISSEURS		MATÉRIAUX	PRESSIONS	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS
				CORPS	TÊTES			
Date Symbole	*Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	{ Portée / *Montée* Surbaissement *Rayon*	{ Clef / *Retombées*	{ Clef / *Retombées*	*Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	en kg 0^m01^2 *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Tuoi** *Suisse* 1911-1912 $\widehat{\mathbf{A}}$[1] fr (≥ 40m)[4]	*110m 76* 0 41m20	{ 4m00 / *3m 70* Fruit 1/40 1m50	Arc d'anse de panier à 3 centres { 47m,706 / *21m 42* / $\frac{1}{2,227} = 0,448$ *Rayons : Cerveau 20m Reins 30m*	{ 1m,50 / *2m 60 à 64°*	{ 1m,50 / *2m 60 à 64°*	MAV [1] Granit *Ciment : 350k*	Pressions : Comme au Pont de Cinuskel $\widehat{\mathbf{A}}$[1] fr (≥ 40m)[3] *Arc élastique* *Méthode graphique Ritter* Surcharges : Comme au Pont de Cinuskel $\widehat{\mathbf{A}}$[1] fr (≥ 40m)[3]	1° 6 voûtes transversales vues, en plein-cintre de 4m sur piles de 1m et 1m20 2° »

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, p. II, n° 6.

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

EXÉCUTION									CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D
FONDATIONS	GRANDE VOÛTE								
	CINTRE				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF		
Nature du sol — Profondeur sous l'étiage — Pressions sur le sol en kg : $\overline{0^m01}^2$ — *Procédé*	FERMES: Type — *Matière* — Appareils de décintrement	FERMES: Nombre — *Épaisseur* — Écartement d'axe en axe — *Surhaussement*	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses: Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du pont — *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* — Date	sur cintre t_c — au décintrement t'_v — après t''_v		Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17		18
Rocher (Schiste) — » — Pressions : Comme au Pont de Cinuskel $\widehat{A}^1$ fr (⩾ 40m)[3]	Retroussé, — Type Pont de Solis C^1 fr (⩾ 40m)[1] (Tome I) — Billots à base évidée	5 — *18c à 20* — *Fermes de rive* 1m — *Fermes intermédiaires* 0m95 — *100mm*	210mc — 2600k — 21000f	0mc61 — 7k6 — 61f1	3 rouleaux, chacun en 6 tronçons.	Piles sur le dos de la grande voûte montées jusqu'aux retombées des petites. Tympans à 0m80 au-dessus de la clef. — *11 jours* — 5 août	t_c = 33mm — t'_v 0 — t''_v 0		Q = 2 450mc — Q : S_p = 5mc53 — Q : W = 0mc29 — Q : W' = 0mc37

Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *A* 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation. 4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets. Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

SÉRIE $\widehat{A}^1$ f^r (> 40m)

MONOGRAPHIES

PONT SUR LA GRAVONA *(CORSE)*

Ligne d'Ajaccio à Corte[1]

1884 $\widehat{A}^1$ f^r (> 40m) 1

Ph.[2]



1. Pourquoi on a fait une grande voûte (S_2).

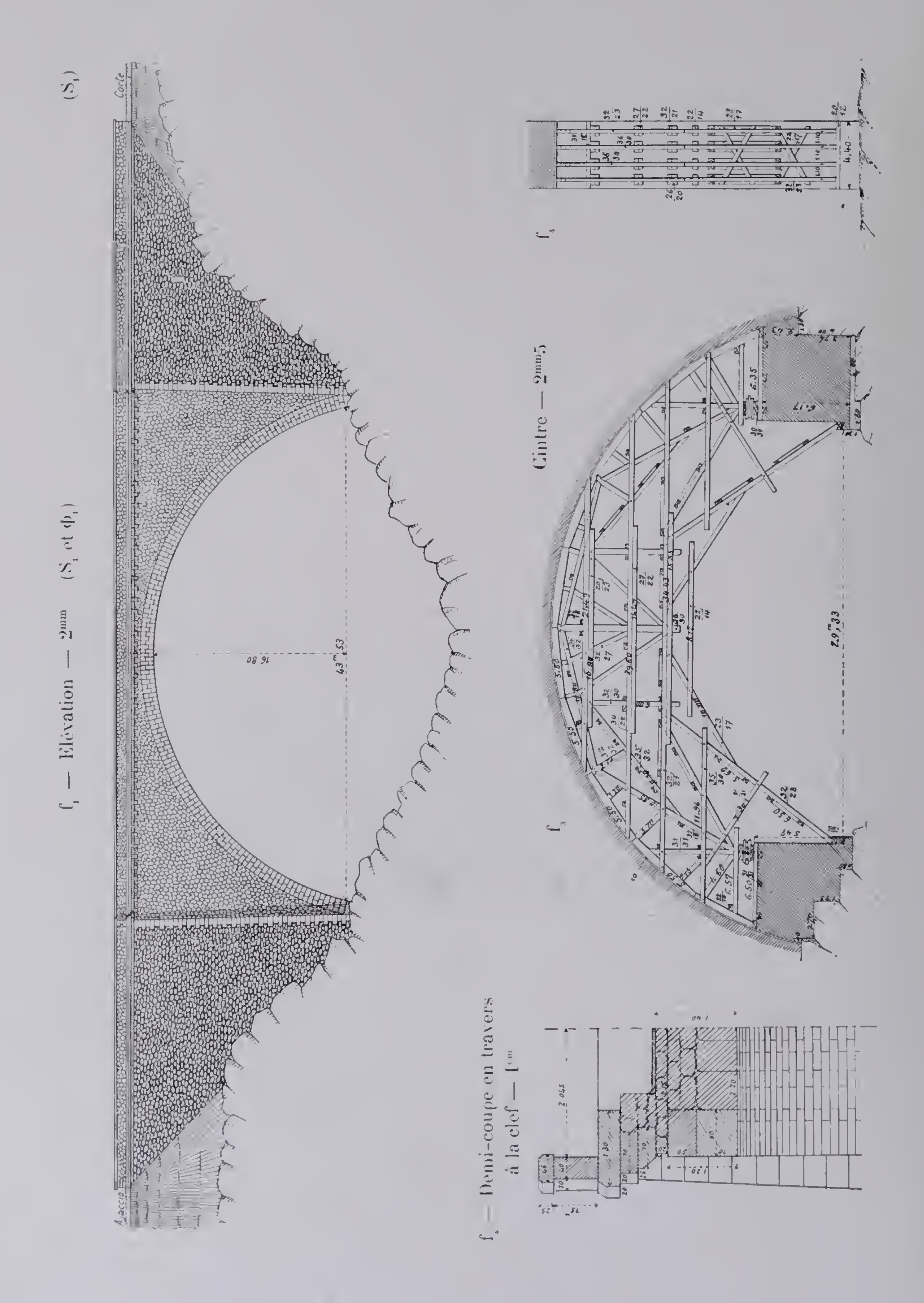
1° – Parce que les crues de la Gravona montent à 9m53 ;

2° – parce qu'on trouve, tout près, en abondance, d'excellent granit ;

3° – parce que le granit compact affleure sur les deux berges.

1. — A 15km environ d'Ajaccio (S_2).

2. — M. l'Ingénieur en chef Reuss a bien voulu, sur ma demande, faire faire cette photographie.


f₁ — Élévation — 2mm (S₁ et Φ₁)
(S₁)
Corte
Ajaccio
16 80
43m 53
Cintre — 2mm5
f₃
f₄
2,9m33
f₂ — Demi-coupe en travers à la clef — 1cm

2. Murs en retour. — Ils sont en gros galets du lit de la Gravona ; leurs chaînes d'angle sont à redans et bossages.

3. Cintre. — Le cintre a été retroussé sur 29^{m}33, parce qu'un appui en rivière eût été emporté (S_2).

4. Voûte (S_2). — On clava dans les premiers jours d'août 1884, « *en se* « *pressant à cause de l'insalubrité de la région et des grandes chaleurs.* »

La voûte était déjà élastique au moment du clavage du 2e rouleau : le cintre devait, alors, être en partie soulagé.

Le décintrement s'est très probablement fait de lui-même : la chaleur a resserré les bois.

5. Dépense (non compris la somme à valoir) (S_1).

Fouilles	4.566^{f}29
Maçonneries	92.063^{f}32
Cintre	16.021^{f}11
Total	112.650^{f}72

6. Personnel.

Ingénieurs { en chef : MM. Gay, Dubois, Margerid. / ordinaires : MM. Descubes, Fouan.

Entrepreneur : M. Ferrucci.

SOURCES :

S_1. — Dessins et décompte gracieusement communiqués par M. l'Ingénieur en chef Reuss.

S_2. — Exposition, Paris, 1889. — Notices, Travaux Publics, p. 776 à 780 : « *Pont de la Gravona.* »

PONT SUR LE RAVIN DE RAMOUNAILS *(PYRÉNÉES-ORIENTALES)*

Chemin de fer électrique de Villefranche-de-Conflent à Bourg-Madame [1]

1906–1908 $\widehat{A}^1 \; f^r (> 40^m) 2$

ϕ_1 [2]



1. Ce qu'on a fait en vue de la rampe de 59^{mm}. — On a tracé avec des rayons différents, de chaque côté de la clef, l'intrados de la grande voûte et des petites, et donné à celles-ci 3^{m}50 de portée du côté bas, 4^m du côté haut (f_1).

2. Cintre (f_2, f_4, f_5). — Les vaux sont très hauts et très solidement assemblés.

Chaque about est tenu :

1° – par un entrait horizontal allant à l'about symétrique ;

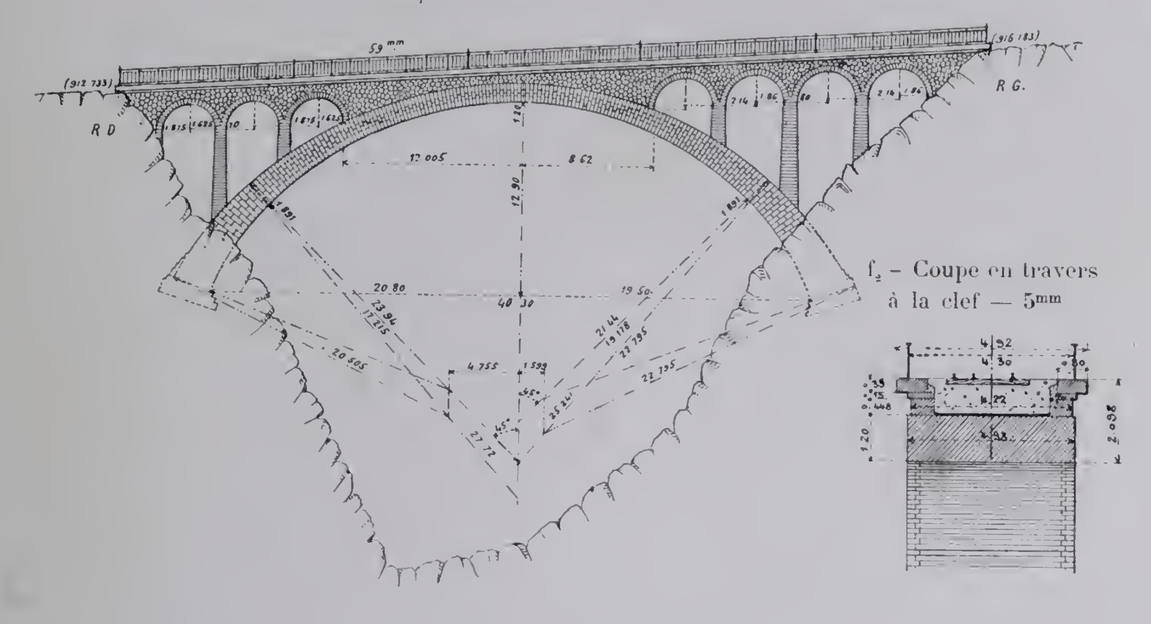
2° – par un arbalétrier appuyé sur le rocher.

Les vaux reposent sur les files de boîtes à sable *m* (f_3) ; les arbalétriers, sur les doubles files *n*.

1. — Entre la halte de Thuès et la station de Fontpédrouse.

2. — Photographie gracieusement communiquée par M. Ficatier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à Perpignan.

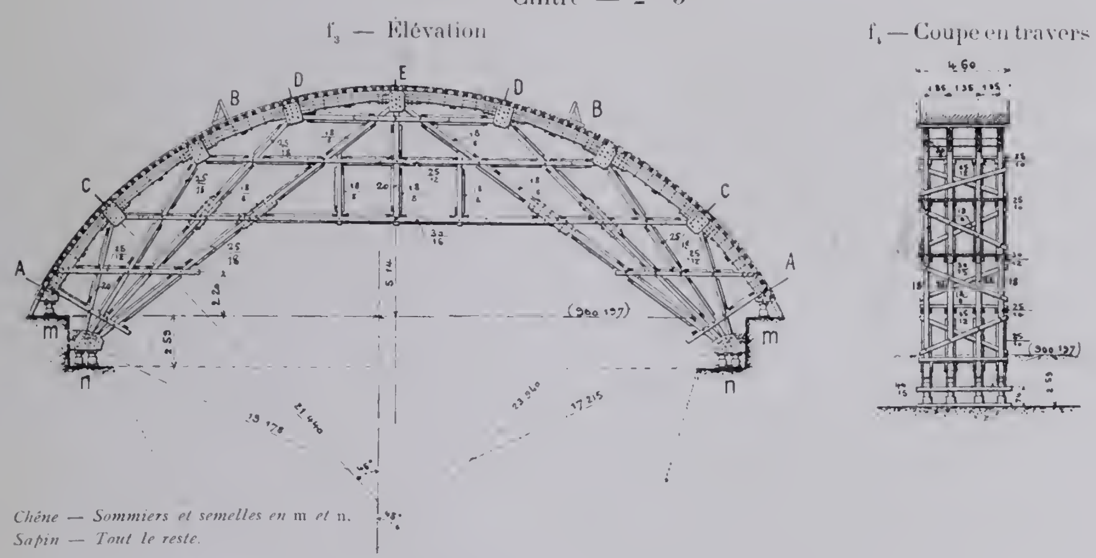
f$_1$ — Élévation aval — 2^{mm}



Cintre — $2^{mm}5$

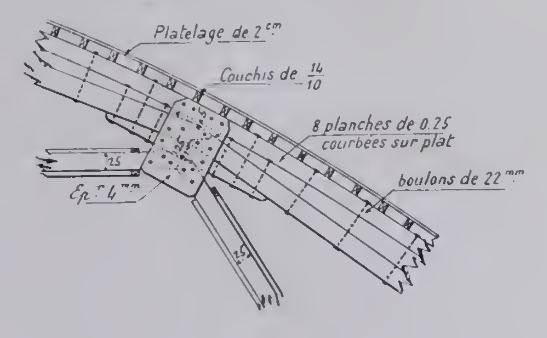
f$_3$ — Élévation

f$_4$ — Coupe en travers



Chêne — Sommiers et semelles en m *et* n.
Sapin — Tout le reste.

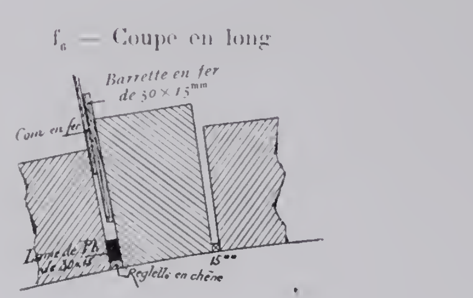
f$_5$ — About de 2 vaux — 1^{cm}



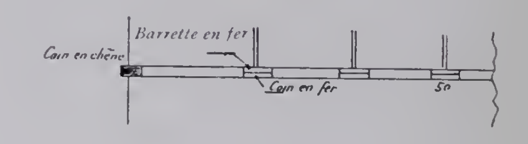
3. Exécution de la grande voûte (S''_1) - ***1er Rouleau.*** — On l'a construit en 4 tronçons partant de A et de B (f_3).

En A, C, D, E (f_3), des joints secs étaient ainsi maintenus (f_6, f_7) :





f_7 — Plan par-dessus



Les coins et barrettes, graissés, ont été facilement enlevés.

On clava dans l'ordre D, B, C, E, A.

4. Décintrement (S'_1). — On abaissa d'abord les boîtes *n* sous les arbalétriers : la voûte tassa de $0^{mm}9$; puis les boîtes *m* sous les vaux : la voûte tassa encore de $0^{mm}7$. L'arc des vaux portait donc près de la moitié de la voûte.

5. Dates (S''_1).

Commencement des travaux (fouilles)			avril 1906
Grande voûte	Attaque à pleine épaisseur		14 janvier 1908
	Rouleaux	commencement	15 mai 1908
		fin	25 juin 1908
	Décintrement		18 juillet 1908

6. Personnel (S''_1).

Ingénieur en chef : M. Bernis.
Ingénieur ordinaire : M. Lannusse.
Chef de section : M. de Noëll.
Entrepreneurs : MM. Jean et Marc Sanfourche.

SOURCES :

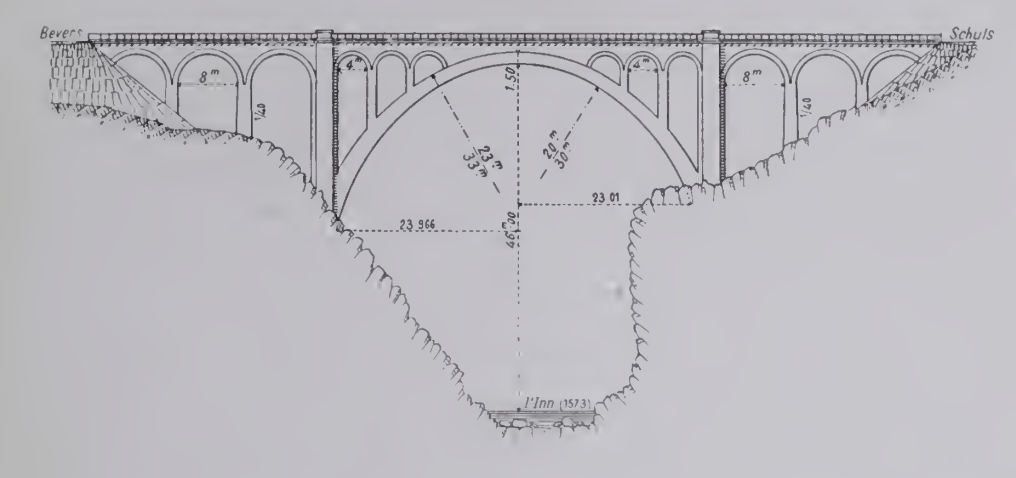
S_1. — Dessins d'exécution et renseignements gracieusement communiqués par MM. Lannusse (S'_1) et de Noëll (S''_1).

PONT SUR L'INN, A CINUSKEL[1] *(SUISSE, — Engadine)*

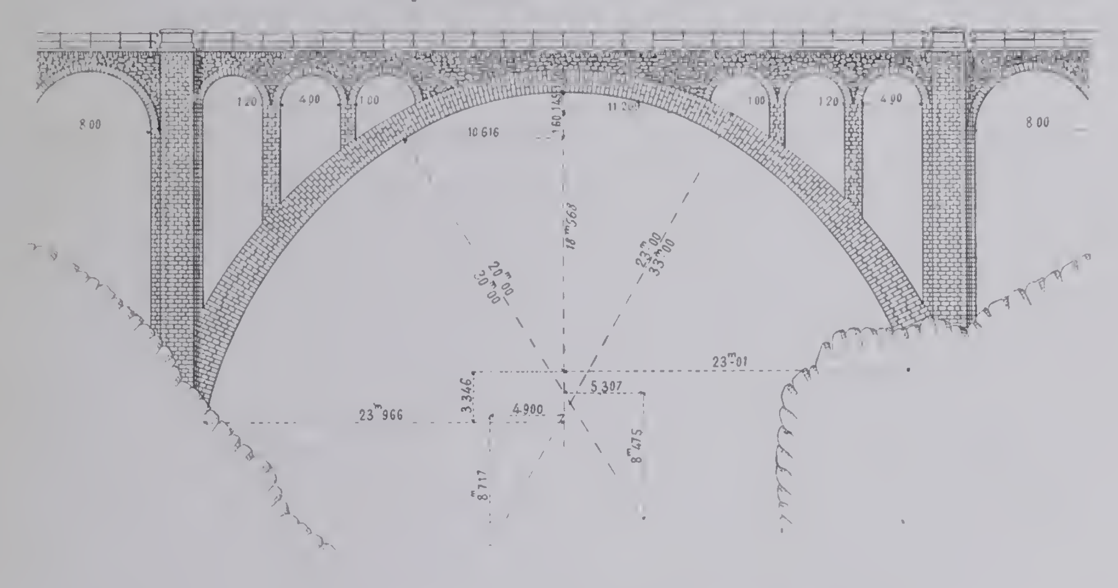
Ligne de Bevers à Schuls (Chemins de fer rhétiques)

1910-1912 $\widehat{\mathbf{A}}^1$ f^r (> 40m)³

f_1 — Ensemble — 1mm



f_2 — Grande voûte — 2mm



1. Forme de la voûte. — La fibre moyenne est la courbe de pression sous le poids propre.

Comme au pont de Wiesen[2], les rayons d'intrados et d'extrados sont plus petits au cerveau qu'aux reins (f_1, f_2, f_3).

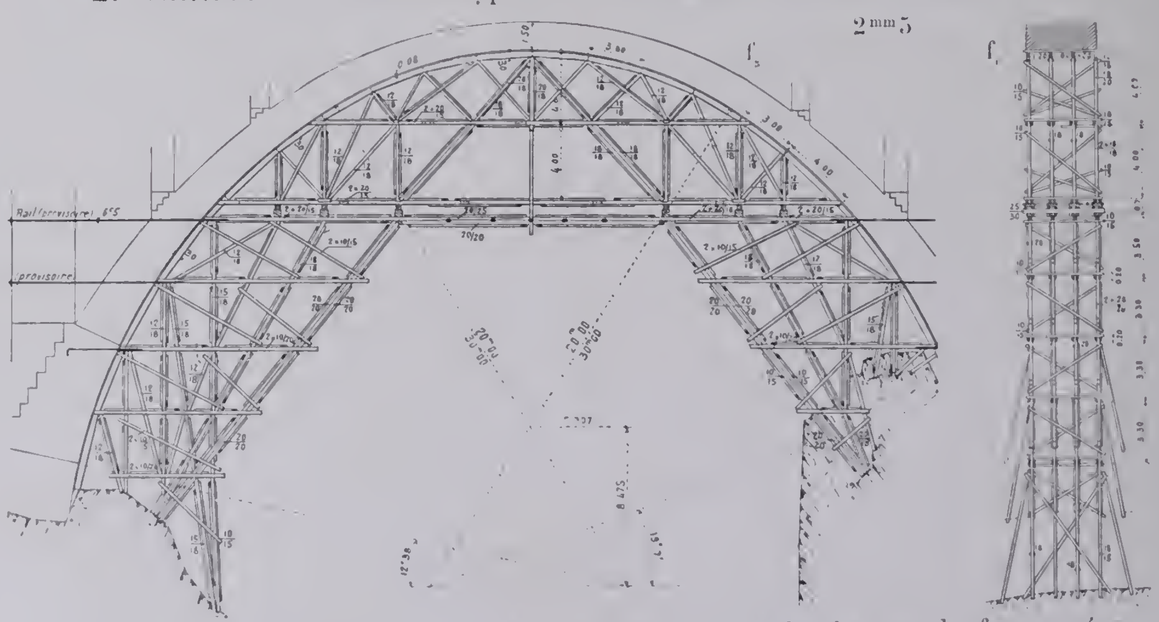
1. — Le pont est à 750m au-delà de la station de Cinuskel-Brail.

2. — $\mathbf{E}^1_h$ f^r (> 40m)¹ — Tome I.

Φ_1 (S_2)

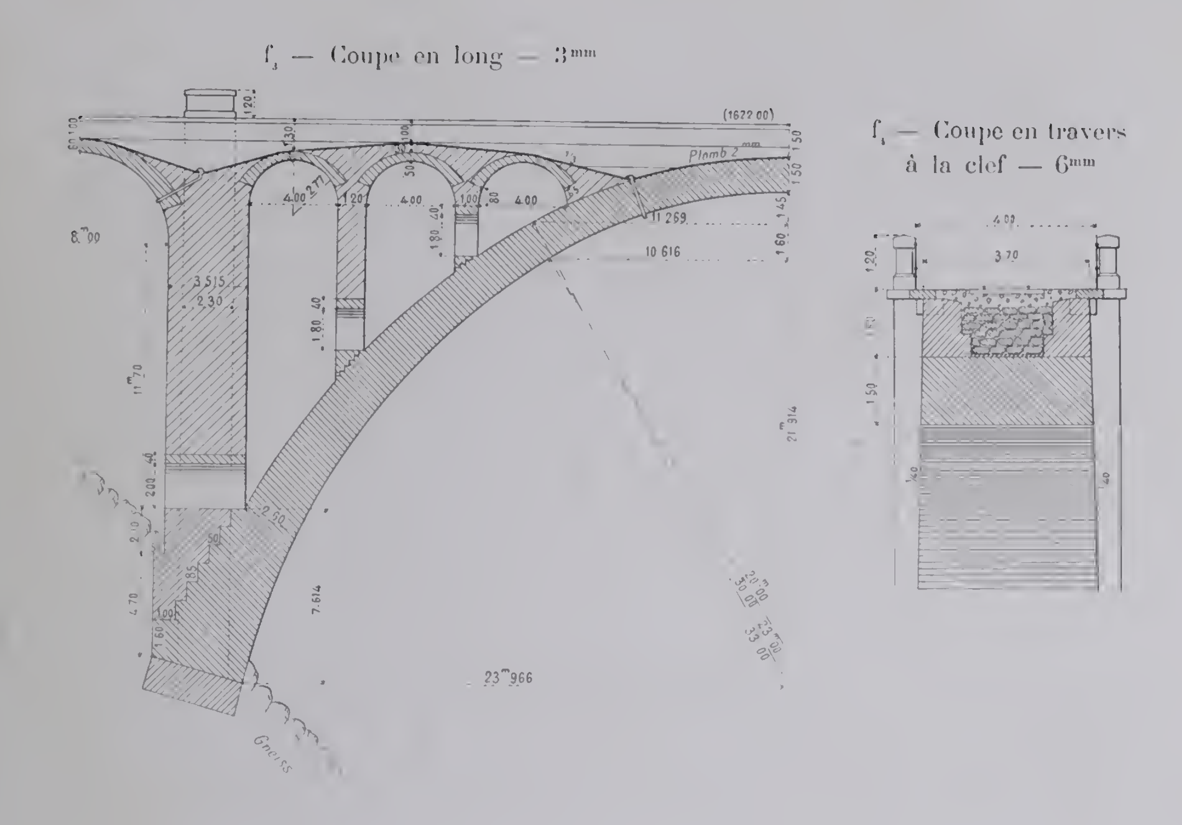


2. Cintre. — Il est du type des cintres de Solis [3] et de Wiesen [4].



On l'a monté en porte-à-faux, en le soutenant par des barres de fer ancrées dans les culées ou retenues par les pilastres (f_1).

3. — C^1 f^r (> 50^m)^1 — Tome I.
4. — E^1_{II} f^r (> 50^m)^1 — Tome I.



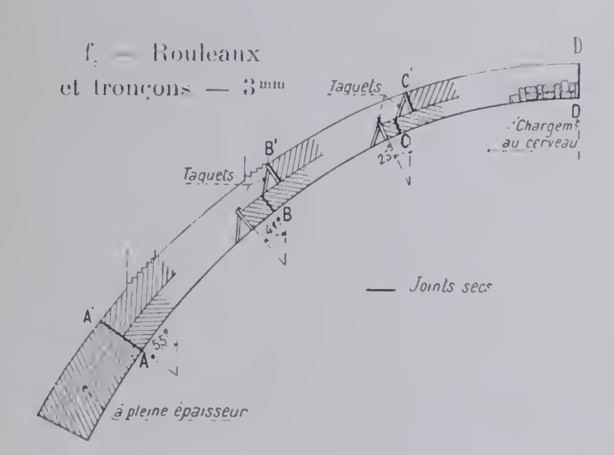
f_3 — Coupe en long — 3^mm

f_4 — Coupe en travers à la clef — 6^mm

3. Exécution de la grande voûte (f_7).

A. - 1er Rouleau. — Comme à Wiesen [5], il a été calculé, comme un arc élastique, pour porter le poids du 2e.

On chargea le cerveau, puis on maçonna, en même temps à partir de 55°, 41°, et 25°, en ménageant des joints secs en A, B, C, D (f_7).

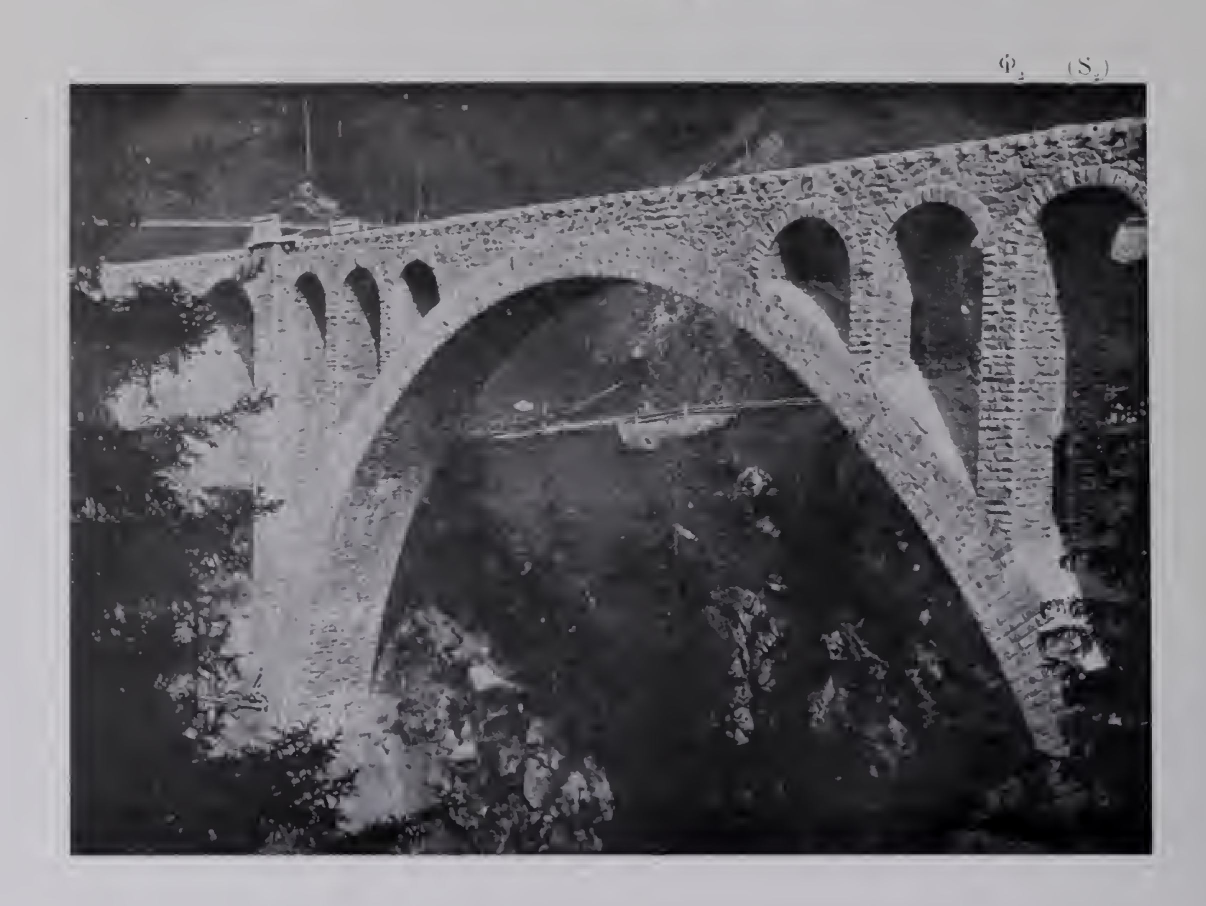


f_7 — Rouleaux et tronçons — 3^mm

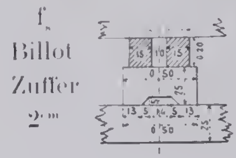
B. - 2e Rouleau. — On l'attaqua à 55°, et, sur taquets, à 5 assises plus haut que B et C.

C. - Clavages. — Le 2e rouleau maçonné, on clava successivement : le 1er, en B, C, D ; puis le 2e, en B' C' D' ; enfin la voûte entière en A A'.

Φ_2 (S_2)



4. Décintrement (f_s). — On a décintré sur les billots à base évidée de M. Zuffer [6].



On ne paraît pas en avoir été aussi satisfait qu'en Autriche.

5. Dates.

Commencement des travaux		4 avril 1910
Grande voûte (28 jours 1/2 de travail effectif)	Maçonnerie à pleine épaisseur (jusqu'à 55°)	19 mai – 31 mai 1911
	1er rouleau (en 6 tronçons)	1er juin – 11 juin
	2e rouleau (en 6 tronçons)	13 juin – 26 juin
	Décintrement	6 juillet

6. Personnel.

M. Saluz, Ingénieur en chef des Chemins de fer rhétiques, à Coire.

6. — Decrits dans la monographie du Pont sur le Palmgraben Â[1] Fr (> 40m)[8] — Tome II.

Projet définitif, Calculs, Direction des Travaux : M. Hans Studer, Ingénieur [7].

Entrepreneurs : MM. Muller, Zeerleder et Gobat.

Le cintre a été projeté, calculé, et construit par l'Entreprise [8].

7. — M. Studer avait précédemment construit le très original et instructif pont de Wiesen E^1_h f^r ($>$ 40^m)^1 - Tome I. — Il a donné, en collaboration avec M. l'Ingénieur W. Dick, de St-Gall, un excellent précis du calcul des voûtes, considérées comme des arcs élastiques, dans le Schweizer. Ingenieur-Kalender, 1912, p. 265 à 293. « *Brückenbau. — I. Steinerne Brücken.* — p. 276 à 289. *Berechnung der Gewölbe.*

8. — Comme ceux de Solis C^1 f^r ($>$ 40^m)^1 et Wiesen E^1_h f^r ($>$ 40^m)^1, — Tome I.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution et renseignements que m'a gracieusement communiqués M. l'Ingénieur Studer, qui a bien voulu m'accompagner au pont.

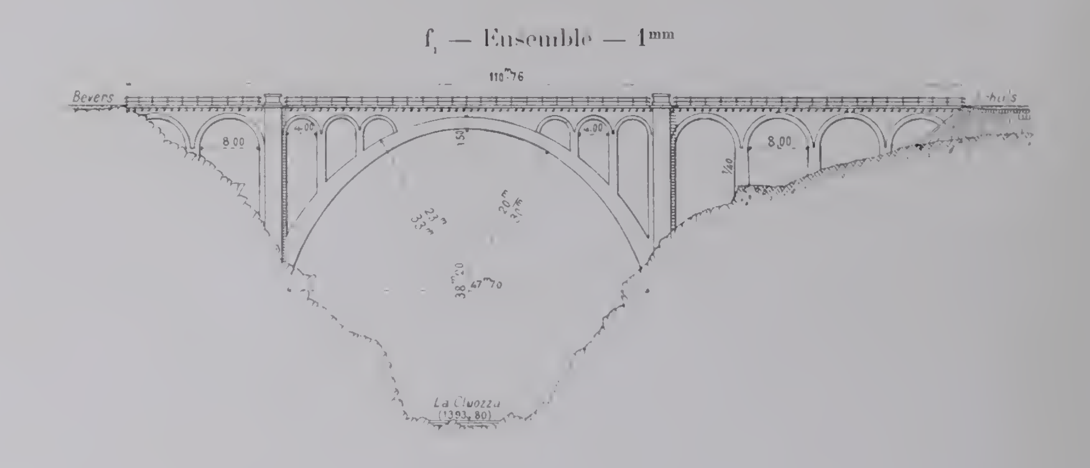
S_2. — Ce que j'ai vu — juillet 1912.

PONT DE TUOI[1] SUR LA CLUOZZA *(SUISSE, - Engadine)*

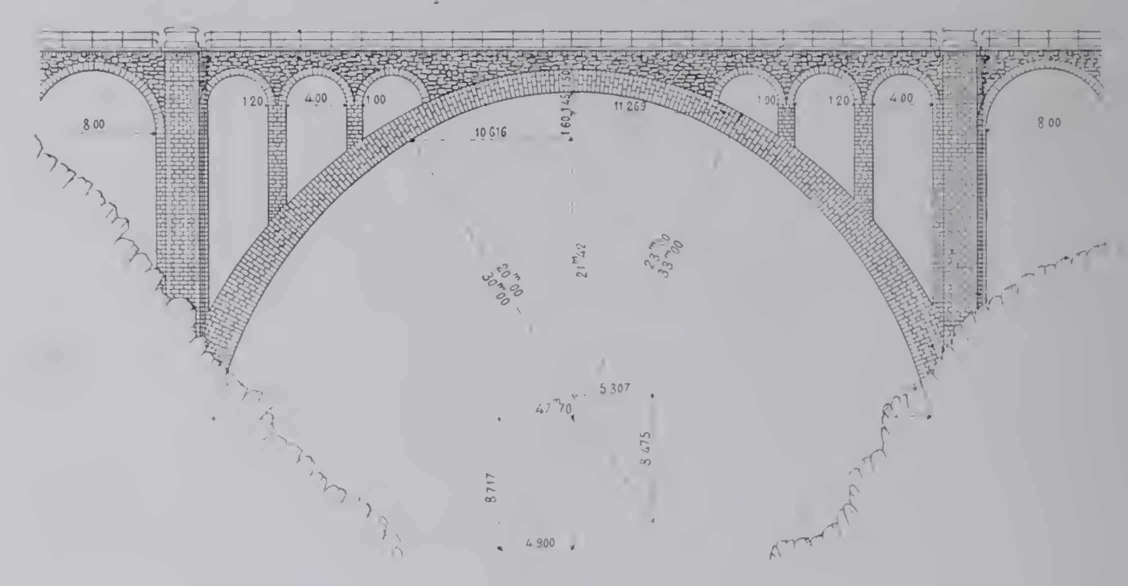
Ligne de Bevers à Schuls[2] (Chemins de fer rhétiques)

1911-1912 $\widehat{\mathbf{A}}^1$ fʳ (≥ 40ᵐ)⁴

f₁ — Ensemble — 1ᵐᵐ



f₂ — Grande voûte — 2ᵐᵐ



1. Dimensions (S'₁). — Celles du pont de Cinuskel[3], de la même ligne : mêmes rayons d'intrados et d'extrados, mêmes épaisseurs de la voûte, mêmes largeurs, mêmes fruits, mêmes évidements.

Les naissances y sont un peu plus basses : la portée, plus grande de 0ᵐ73.

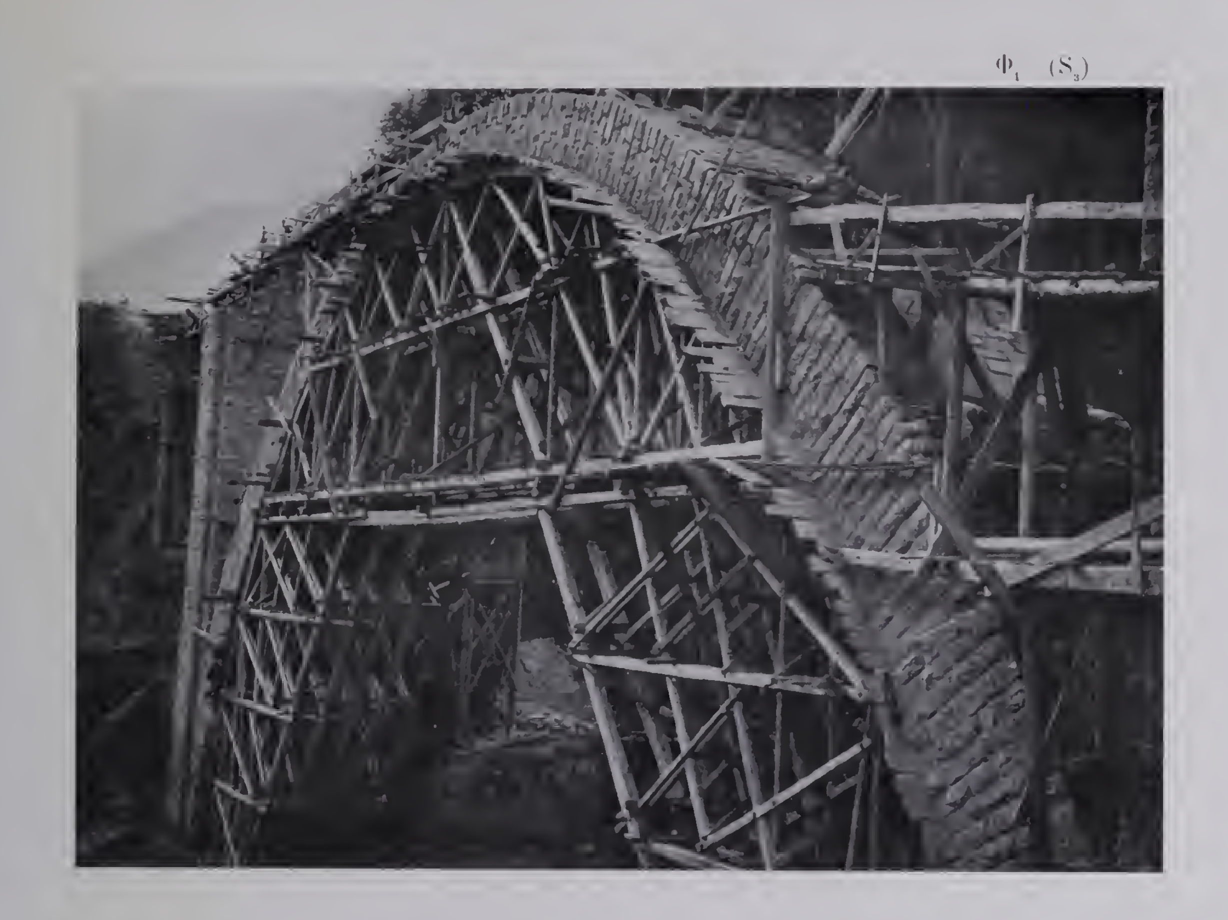
1. — Sur le val Tuoi, au fond duquel coule la Cluozza.

2. — Le pont est à 700ᵐ environ en-deçà de la station de Guarda.

3. — $\widehat{\mathbf{A}}^1$ fʳ (≥ 40ᵐ)³ — Tome II. — à 21ᵏᵐ330 en amont.

2. Cintre (Φ_1). — C'est celui du pont de Cinuskel[1], mais avec 5 fermes au lieu de 4, et quelques contrevents supplémentaires à l'étage supérieur (S''_2).

Φ_1 (S_3)



3. Dates (S''_1, S'_2).

Commencement des travaux	25 mars 1911
Grande voûte	18 juin — 25 juillet 1912
Commencement du 2me rouleau	17 juillet 1912 (S'_2)
Décintrement	5 août 1912

4. Personnel (S''_1, S'_2).

Ingénieurs :

M. Saluz, Ingénieur en chef des Chemins de fer rhétiques, à Coire.
Calculs de stabilité : M. Crastan, « Bauführer » à Lavin.
Exécution : M. G. Zollinger, Ingénieur à Schuls.
M. Crastan, « Bauführer ».

Entrepreneurs : MM. Müller, Zeerleder et Gobat.

1. — $\widehat{A}^1$ f^r (> 40m)3 — Tome II.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution (S'_1) et renseignements (S''_1) qu'a bien voulu m'adresser M. l'Ingénieur en chef Saluz — septembre et octobre 1912.

S_2. — Renseignements gracieusement communiqués :

S'_2. — par M. Studer — septembre et octobre 1912 ;

S''_2. — par M. Zollinger — octobre 1912 ;

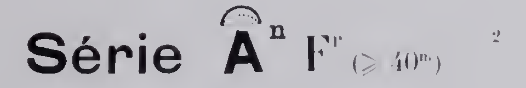
S'''_2. — par M. Zeerleder — novembre 1912.

S_3. — Ce que j'ai vu — juillet 1912.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ [1]

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE



Voir Préliminaires, Tome II, p. 3 et 4 :
1. — pour la définition des « arcs peu surbaissés ».
2. — pour le sens de ce symbole.

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET — ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	ENSEMBLE Largeurs entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	GRANDES VOÛTES — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayon*	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Retombées*	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Retombées*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg / $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Victoria *Angleterre* 1836–1838 Â^n F^r ($\geqslant$ 40m)[1]	*247m 11* »	6m 40 *7m 01* Pas de fruit	*Voûte de 18m 768* Arc de cercle 48m,768 *21m 946* $\frac{1}{2,22} = 0,45$ *24m 519*	1m,371 »	1m,371 *Épaisseur uniforme*	Bandeaux en granit, le reste en grès.		1° 3 murs longitudinaux reliés transversalement tous les 6m50 environ.
4 grandes arches : *1 arc peu surbaissé de 18m 768 ;* *1 plein cintre de 43m 891 ;* *2 pleins cintres de 30m 179.*	37m	1m22	*Voûte de 43m 891* Plein cintre 43m,891 *Même montée que l'autre voûte*	1m,371 »	1m,371 *Épaisseur uniforme*			2° *Archivolte dans le plan des tympans.* *Bandeaux en retraite.*

1 Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome II, page II, n° 6.

FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0m01² *Procédé* 10	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement 11	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement* 12	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux 13	par mq de douelle[2] 14	MODE DE CONSTRUCTION 15	DÉCINTREMENT État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date 16	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t_v après t''_v 17	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p[3] / de volume « utile » W[4] 18
	Voûte de 18m 768							
Piles *Rocher* Pile centrale -7m31 sous le thalweg 36k (charge morte) *Épuisements*	Retroussé sur 16m » Coins	7 *Étage supérieur* 23^c *Au dessous* 31^c » »						D = 1 008 800f D : S_p = 637f9 D : W = 22f0
	Voûte de 13m 891							
Culées » » *Pilotis*	Fixe » Coins	— id — »						

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) = C'est la surface offerte à la circulation. 4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome II, p. III, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $\widehat{A}^n F^r_{(> 40^m)}$

MONOGRAPHIES

PONT VICTORIA

SUR LA WEAR, PRÈS DE LAW LAMBTON (*ANGLETERRE*, — *Durham*)

Durham Junction Railway[1]

1836-1838 $\widehat{A}^n F^r_{(> 40^m)} 1$

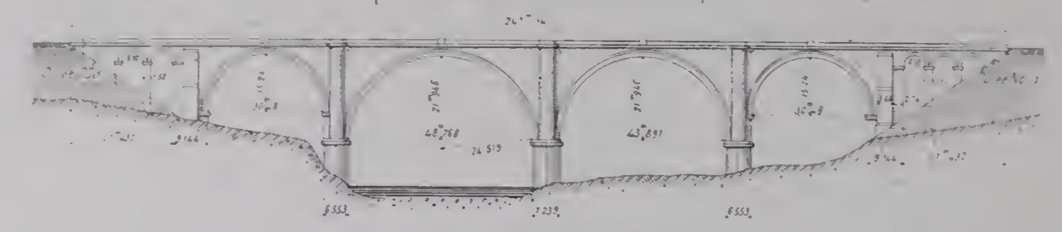
Φ_1 (S_4)



1. Dispositions d'ensemble. — Les deux grandes arches (arc peu surbaissé de 48m768 et plein cintre de 43m891) ont leurs naissances au même niveau, et même montée (S_4).

1. — Ligne de Durham à Sunderland.


f_1 — Ensemble — 0mm5 (S'_1)



C'est le seul ouvrage qui ait des voûtes de plus de 40m, d'intrados différents.

Dans le projet primitif, on s'était, paraît-il, inspiré du pont de Trajan à Alcantara (Espagne) (S_1).

On y ajouta, plus tard, à chaque extrémité, trois petits pleins cintres (S_1) : l'aspect n'y a pas gagné.

Le terrain est percé de nombreuses galeries de mine ; l'emplacement, qui est à peu près celui indiqué par Telford, a été choisi de façon à les éviter (S_1).

Pile entre les 2 grandes arches — 2mm

f_4 — Coupe en long

f_5 — Coupe en travers sur zz de f_4

2. Durée d'exécution (S_1). — Du 17 mars 1836 au 28 juin 1838, 714 jours de travail effectif.

« *L'arche de 30m48, côté du Nord, comportant 980 tonnes de maçonnerie, fut* « *entièrement construite en 28 heures.* »

Les deux grandes arches — 2me

f2 — Elévation

Coupes horizontales

sur xx de f1

sur yy de f1

Plan supérieur

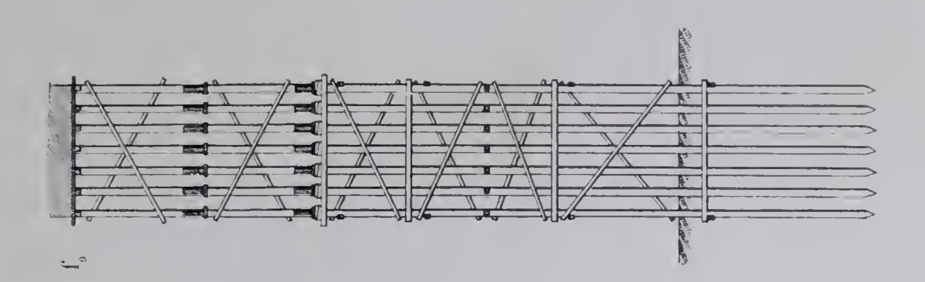
f1

Cintre de l'arche de 48^m768 = $2^{mm}5$ (S'1)

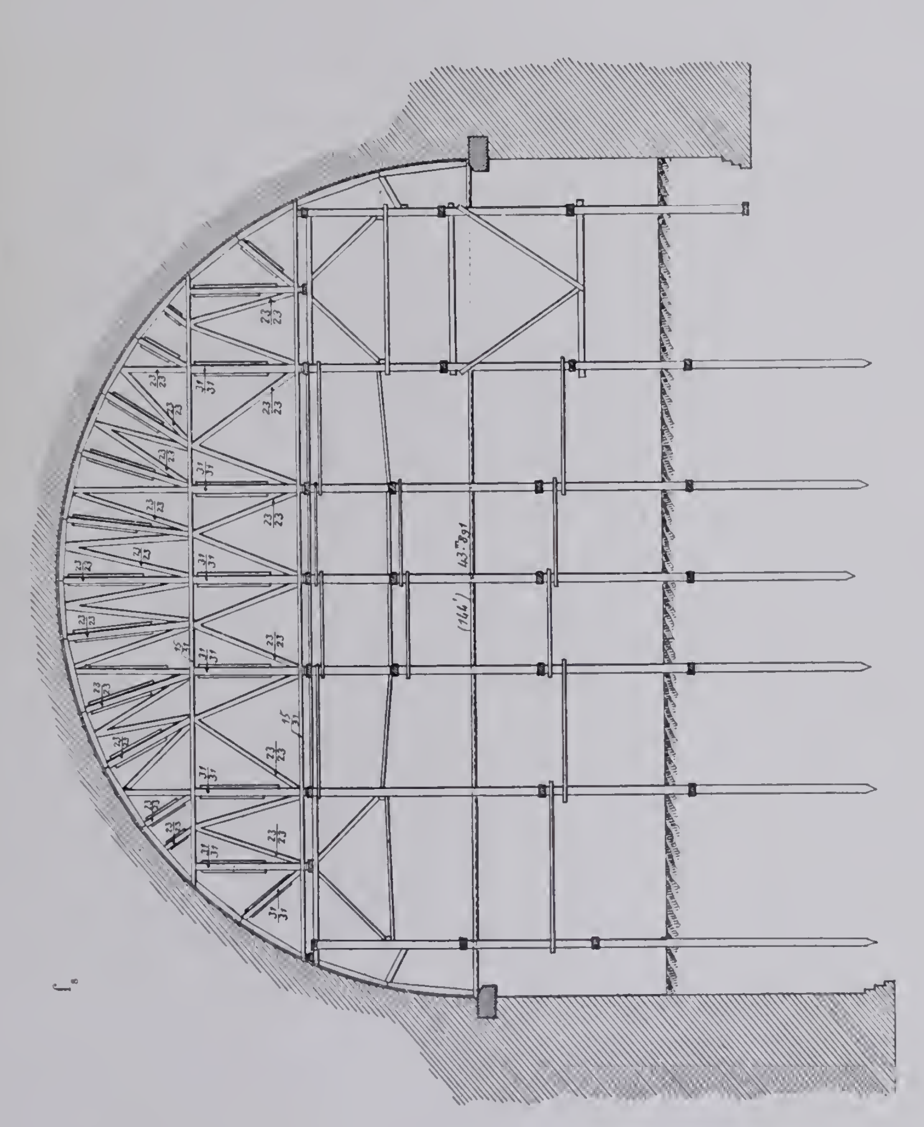
(160') 48^m68

H.E. ord^{res}

B.E.



Cintre de l'arche de 43ᵐ891 — 2ᵐᵐ5 (S'3)



3. Dépenses. — D'après S_2, £ 38.000, soit 958.360^f.

D'après S_1 « *with the extra works* », £ 40.000 soit 1.008.800^f.

4. Personnel (S_1).

Ingénieurs.

Projet : M. Walker, Président de l'Institut des Ingénieurs Civils, et M. Burges.

Exécution : M. Harrisson, Ingénieur du « *Durham Junction Ry* ».

Entrepreneurs : MM. Gibb, d'Aberdeen.

SOURCES :

S_1. — Institution of Civil Engineers. — Minutes of Proceedings. 1843, volume II, n° 559, p. 97, 98, 99 : « *Account of the Victoria Bridge, erected across the River Wear, on the line of « the Durham Junction Railway* », David Breanner.

S_2. — Hann and Hosking : « *The Theory, Practice and Architecture of bridges* », Londres 1839-1852, volume II, p. 120, Pl. 43 : « *Victoria Bridge, on the Durham Junction Railway* ».

S_3. — Dessins d'exécution (S'_3) et photographies (S''_3), gracieusement communiqués par M. Charles A. Harrisson, Ingénieur en chef du North Eastern, à Newcastle.

PONTS DÉCRITS DANS LE TOME II

INDEX ALPHABÉTIQUE

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME II

1RE PARTIE. — VOÛTES INARTICULÉES *(Suite)*

LIVRE I. - DESCRIPTION DES PONTS QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES DE 40^m ET PLUS DE PORTÉE. TABLEAUX SYNOPTIQUES. — MONOGRAPHIES.

(Suite)

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ $\widehat{A}$

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE $\widehat{A}^{1}$ P^{te} ([illegible] 40^m)

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ $\widehat{A}$

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE $\widehat{A}^1$ 1re (40m) *(Suite)*

MONOGRAPHIES :

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ $\widehat{A}$

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE $\widehat{A}^{1}$ r^{te} (> 40^{m}) *(Suite)*

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ $\widehat{A}$

(Suite)

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$ r^{te} (> 40m)

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ Â

(Suite)

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE Â¹ Â¹ r^le (> 40m) *(Suite)*

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ $\widehat{A}$

(Suite)

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE $\widehat{A}^1$ $\widehat{A}^1$ I^{le} (> 40^m) *(Suite)*

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ $\overset{\frown}{A}$

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $\overset{\frown}{A}^{1}\,F^{r}$ ($> 40^{m}$)

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ $\widehat{A}$

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $\widehat{A}^1$ Fr ($>$ 40m) *(Suite)*

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ $\widehat{A}$

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE.

SÉRIE $\widehat{A}^1$ F^r ($>$ 40^m) *(Suite)*

Pages

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ $\overset{\frown}{A}$

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $\overset{\frown}{A}^1 F^r$ ($\geqslant 40^m$) *(Suite)*

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

SÉRIE $\overset{\frown}{A}^1 f^r$ ($\geqslant 40^m$)

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC PEU SURBAISSÉ $\widehat{A}$

(Suite)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $\widehat{A}^n$ F^r $(> 40^m)$

Voir l'**Errata général**, à la fin du Tome V.